This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

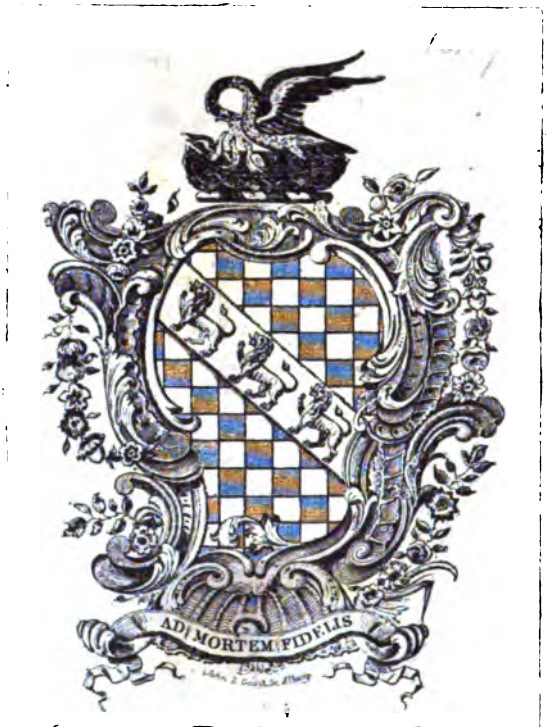
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



Charles J. Chandler, Ph. D.

Die Elektricität

des Himmels und der Erde.

Von

Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.

Mit 400 Illustrationen und Farbentafeln.

C.F.CHANDLER

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1888.

Alle Rechte vorbehalten.

6503

Atmospheric electricity
Earth currents
Terrestrial magnetism
Aurora
Lightning

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
311264B
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1945 L

QC 961
.47

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Schon von Jugend auf haben die beiden geheimnißvollen Naturkräfte, Magnetismus und Elektricität, meine Aufmerksamkeit in besonders hohem Grade erregt. Was ich im Knabenalter als Spielzeug behandelte, betrieb ich, zum Manne herangereift, als Gegenstand ernster Arbeiten und Forschungen. Elektrisirmaschinen, Batterien, Inductorien, überhaupt elektrische und magnetische Apparate aller Art waren im Laboratorium jahrelang meine tägliche Gesellschaft. Da war es mir vergönnt, im Jahre 1881 die elektrische Ausstellung in Paris, die erste elektrische Ausstellung überhaupt, zu besuchen und zu studiren. Der Eindruck, den wir Besucher erhielten, war ein großartiger. Zwar hatte der Physiker schon vorher davon Kenntniß erlangt, daß die Inductionsmaschinen in den Händen von Pacinotti (1860), Gramme (1871) und Siemens (1867) die Ausbildung zur dynamo-elektrischen Maschine erfahren hatten, daß mit Hilfe des Telephons Musik und selbst auch Gespräche auf weite Entfernungen übertragen werden konnten, auch hatte bereits Jablochkoff's elektrische Kerze (1876) Aufsehen erregt, ja selbst von Edison's Wunderlampe kamen die übertriebensten Berichte nach Europa und auf der Berliner Gewerbeausstellung konnte man im Jahre 1879 sogar mit einer kleinen elektrischen Bahn fahren: doch erst die Pariser Ausstellung brachte den unleugbaren Beweis, daß die elektrischen Apparate und Maschinen inzwischen aus der Hand des Physikers allmählich in jene des Elektrotechnikers übergegangen sind, daß eine neue, die elektrische Großindustrie ins Leben getreten ist.

Voll dieser Eindrücke kehrte ich aus Paris zurück und da faßte ich den Gedanken, Elektricität und Magnetismus in ihren gesammten Walten und Weben, sei es in der Natur oder in der Maschinenhalle in einem größeren Werke ausführlich zur Darstellung zu bringen. Wohlbewußt der bedeutenden Schwierigkeiten, welche ein solches Unternehmen mit sich bringt, ging ich

45 X 159

jedoch erst nach reiflicher Vorbereitung im Jahre 1883 an die definitive Ausarbeitung der ersten Hälfte der mir gestellten Aufgabe, nämlich an die Darstellung aller Anwendungen, deren die durch Menschenhand hervorgerufenen elektrischen Ströme fähig sind und so entstand »Die Elektricität im Dienste der Menschheit«.

Die überaus günstige Aufnahme, welche dieses Werk im In- und Auslande fand (es wurde auch in das Englische übertragen und dabei durch eine Einleitung von John Perry ausgezeichnet) ermuthigte mich, nunmehr auch an die Lösung der zweiten Hälfte jener Aufgabe zu schreiten, die ich mir, wie oben erwähnt, gestellt hatte, und so entstand das vorliegende Werk: »Die Elektricität des Himmels und der Erde.« Ich fühlte mich zur Abfassung dieses Werkes umsomehr gedrängt, als auch in der Erforschung der in der Natur wirkenden elektrischen und magnetischen Kräfte in neuerer Zeit erheblich Fortschritte gemacht worden sind. Der Erforschung des Erdmagnetismus wurde bereits seit A. v. Humboldt's Zeiten volle Aufmerksamkeit gewidmet; das Studium der atmosphärischen und der Gewitterelektricität erfuhr durch die Organisirung eines regelmäßigen und ununterbrochenen Gewitterbeobachtungsdienstes in vielen Ländern eine mächtige Förderung; die immer weiter sich ausbreitenden Telegraphennetze gaben vielfache Gelegenheit zur Beobachtung des Erdstromes und unsere Kenntnisse bezüglich des Polarlichtes erfuhren durch die zahlreichen Polarexpeditionen eine wesentliche Erweiterung.

Ich habe mich ernstlich bemüht, allen diesen Umständen im vorliegenden Werke gebührend Rechnung zu tragen. Indem ich es nun der Oeffentlichkeit übergebe, erübrigt mir nur noch der Verlagsbuchhandlung für ihre thatkräftige Unterstützung meinen wärmsten Dank zu sagen. Möge auch dieses Werk freundliche Aufnahme finden!

Dr. A. Ritter von Urbanitzky.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Die Spannungs-Elektricität.

Seite

I. Die Erregung des elektrischen Zustandes 3
II. Sitz und Vertheilung der Elektricität 19
III. Spitzenwirkung und Influenz 33
IV. Entstehung elektrischer Ströme 48
V. Die Wirkungen des elektrischen Stromes 56
Die chemischen Wirkungen 56; die mechanischen Wirkungen 61; Wärme- und Lichtwirkungen des elektrischen Stromes 66; elektrische und magnetische Wirkungen 86; physiologische Wirkungen 90.

Zweite Abtheilung.

Die Gewittererscheinungen im Alterthume und in der Neuzeit.

I. Gewitterbeobachtungen der Alten 95
II. Angebliches Wissen der Alten über Gewitterelektricität 115
III. Die Kenntnisse der Alten im Verhältnisse zu jenen im Mittelalter 123
IV. Erkenntniß der elektrischen Natur der Gewitter-Erscheinungen 130

Dritte Abtheilung.

Die atmosphärische Elektricität.

I. Apparate und Methoden zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität . . 155
II. Die Gesetze der atmosphärischen Elektricität 171
III. Versuche zur Erklärung der atmosphärischen Elektricität 182

Vierte Abtheilung.

Das Gewitter.

I. Gewitterwolken 211
II. Gewitterbeobachtungen 238
Der Gewitterbeobachtungsdienst in verschiedenen Ländern 239; Entstehung der Gewitter 245; Ausbreitung und Verlauf der Gewitter 260; Beziehungen des Luftdruckes und der Temperatur zu den Gewittern 278; Vertheilung der Gewitter nach Ort und Zeit 289.
III. Erscheinungen, welche mit dem Gewitter im Zusammenhange stehen 320
Elmsfeuer und elektrische Lichterscheinungen überhaupt 321; elektrische Phänomene besonderer Art 349; der Hagel 363.

Fünfte Abtheilung.

Blitz und Donner.

I. Die Arten des Blitzes 391
Linienblitze 393; Wetterleuchten und Blitze ohne Donner 412; Kugelblitze 420.
II. Die physikalische Natur des Blitzes 451
Dauer, Länge und Zahl der Blitze 452; Blitzphotographien 460; Richtung und Zickzackform der Linienblitze 476; Mitwirkung materieller Theilchen beim Blitzschlage 482; der bei Blitzschlägen auftretende Geruch 497; Spectra der Blitze 503; der Kugelblitz 515.
III. Der Donner 529

Sechste Abtheilung.

Blitz- und Gewitterwirkungen.

I. Einwirkung irdischer Objecte auf den Blitzschlag und seinen Verlauf 559
II. Die physikalischen Wirkungen des Blitzschlages 574
Mechanische Wirkungen 576; Wärmewirkungen 599; magnetische Wirkungen 615.

Seite

III. Blitz- und Gewitterwirkungen auf specielle Bauobjecte 619
Auf Gebäude und Schiffe 619; auf metallische Leitungen 624.
IV. Blitzwirkungen auf die organische Welt 639
Auf Pflanzen 639; auf Menschen und Thiere 655.

Siebente Abtheilung.

Blitzgefahr und Blitz-Schutzvorrichtungen.

I. Die Blitzgefahr 671
II. Die Blitz-Schutzvorrichtungen 685
Auffangstange 691; Luftleitung 706; Erdleitung 711; Verbindung 718.
III. Die Blitzableiter-Anlagen 730
Auf größeren Gebäuden 733; auf Kirchen, Fabriks-Schornsteinen und Windmühlen 739; bei Drahtleitungen 743.
IV. Prüfung der Blitzableiter 763

Achte Abtheilung.

Erdmagnetismus und Erdstrom.

I. Geschichte des Erdmagnetismus 771
II. Die Erde als Magnet 809
III. Magnetische Warten und Instrumente 816
IV. Die erdmagnetischen Elemente 841
V. Der Erdstrom 878
VI. Erdmagnetismus und Erdstrom 903

Neunte Abtheilung.

Das Polarlicht.

I. Geschichte des Polarlichtes 921
II. Die Ergebnisse der neueren Polarlichtforschungen 928
Das Polarlicht als physikalische Erscheinung 929; Auftreten und Verlauf des Polarlichtes 948; das Polarlicht und die magnetisch-elektrischen Kräfte 955; Natur des Polarlichtes 957.
Sach-Register 963
Namen-Register 965

Verzeichniß der Tafeln.

Seite

Tafel I. Lichtenberg'sche Figuren . 64
» II. Geißler'sche Röhren 77
» III. Elektrische Lichtkugel . . . 78
» IV. Karte vom Vesuv 178
» V. Wolkenkarte nach Kämtz . 213
» VI. Karte der Gewitterausbreitung im oberen Leinethale (1. Juni 1886) 264

Seite

Tafel VII. Karte der Gewitterausbreitung im Pothale . 269
» VIII. Karten der Isobronten, Isobaren u. Isothermen 286
» IX. Nordlicht 940
» X. Spectraltafel 945

Erſte Abtheilung.

Die Spannungs-Elektricität.

6503

Die Elektricität

des Himmels und der Erde.

Von

Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.

Mit 400 Illustrationen und Farbentafeln.

C.F.CHANDLER

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1888.

Alle Rechte vorbehalten.

6503

werden. Hat man also zu untersuchen, ob ein Körper elektrisch ist oder nicht, so hat man mit demselben nur die Metallkugel des Elektroskopes zu berühren; der Körper war elektrisch, wenn die Goldblättchen mehr oder weniger divergiren, er war unelektrisch, wenn sie parallel nebeneinander hängen bleiben. Die Art der Elektricität aber erkennt man auf folgende Weise. Man ladet das Elektroskop durch eine Glasstange, welche man mit einem amalgamirten Lederlappen gerieben hat. Nun divergiren die Blättchen infolge der ihnen mitgetheilten positiven Elektricität. Berührt man hierauf die Kugel des Elektroskopes mit dem zu prüfenden Körper, so wird die Divergenz der Blättchen verstärkt werden, wenn der zu untersuchende Körper gleichfalls positiv elektrisch war, weil dann das Elektroskop zu seiner ursprünglichen positiven Ladung eine neuerliche positive Ladung erhalten hat. Die Divergenz wird hingegen vermindert oder ganz verschwinden, wenn der zu prüfende Körper negativ elektrisch war, weil dann die ursprünglich positive Ladung des Elektroskopes durch die negative des Körpers theilweise oder ganz neutralisirt wird. Im letzteren Falle muß man aber, um Täuschungen zu vermeiden, sich vorher vergewissern, daß der Körper überhaupt elektrisch ist. Ein unelektrischer Körper kann, wie gleich erörtert werden soll, ebenfalls ein gänzliches oder theilweises Zusammenfallen der Goldblättchen veranlassen, also scheinbar sich ebenso verhalten wie ein negativ elektrischer Körper; denn ebenso wie durch Berührung der Kugel des Elektroskopes mit der geriebenen Glasstange dem Elektroskope positive Elektricität von der Glasstange mitgetheilt wurde, ebenso kann durch die Berührung der Kugel des Elektroskopes mit dem zu prüfenden unelektrischen Körper diesem vom Elektroskope positive Elektricität mitgetheilt werden. Das Elektroskop besitzt dann eine verminderte positive Ladung oder ist ganz entladen und somit wird auch die Divergenz der Goldblättchen vermindert oder ganz aufgehoben.

Fig. 1.

Goldblatt-Elektroskop.

Das eben geschilderte Verhalten des Elektroskopes ist geeignet, über das Verhalten verschiedener Körper gegen Elektrisirung Licht zu verbreiten. Berührt man nämlich die Kugel des mit positiver oder mit negativer Elektricität geladenen Elektroskopes mit der Hand, so fallen die Blättchen sofort zusammen; dasselbe erfolgt, wenn die Berührung mit einem nicht zu kleinen Stücke Metall bewirkt wird. Die Divergenz bleibt jedoch unverändert, d. h. das Elektroskop behält seine elektrische Ladung, wenn trockenes Glas oder Harz mit der Kugel zur Berührung gebracht wurde. Es muß also im ersten Falle Elektricität aus dem Elektroskope in den betreffenden Körper übergeströmt sein, im zweiten Falle

nicht. Man unterscheidet daher Körper, welche, wie z. B. die Metalle, die Elektricität leiten, und solche, wie z. B. das Glas, welche die Elektricität nicht leiten und nennt erstere **Elektricitätsleiter** oder **Conductoren**, letztere **Nichtleiter** oder **Isolatoren**. Wird ein Elektricitätsleiter mit der Kugel des geladenen Elektroskopes in Berührung gebracht, so strömt sofort Elektricität von letzterer auf ersteren über. Da hierdurch jene elektrische Ladung, welche vorher das Elektroskop allein besaß, auf Elektroskop und Leiter vertheilt wird, muß offenbar die Ladung des Elektroskopes vermindert worden sein, folglich die Divergenz der Goldblättchen abnehmen. Ist der berührende Leiter im Vergleiche zu der Kugel des Elektroskopes und den Goldblättchen sehr groß, so wird nach der Berührung der Elektroskopkugel mit dem Leiter auf ersterer natürlich nur mehr eine äußerst schwache elektrische Ladung zurückbleiben und daher muß die Divergenz der beiden Goldblättchen äußerst gering werden oder sich der Beobachtung sogar ganz entziehen. Letzteres tritt z. B. sofort ein, wenn man die Kugel des geladenen Elektroskopes mit der Hand berührt, weil der menschliche Körper ein guter Leiter der Elektricität ist und die Verbindung der Elektroskopkugel mit der Erde herstellt, d. i. mit einem Leiter, der im Verhältnisse zum Elektroskop als unendlich groß betrachtet werden kann.

Man erhält dasselbe Resultat durch Verbindung der Elektroskopkugel mit der Erde unter Anwendung eines Metalldrahtes. Stellt man eine derartige Verbindung unter Zuhilfenahme verschiedener Körper her, wobei das Elektroskop aber stets in gleicher Weise, also immer bis zur selben Divergenz der Goldblättchen geladen wird, so macht man sofort die Beobachtung, daß die Entladung des Elektroskopes verschieden schnell erfolgt: augenblicklich durch Metalle, in merkbarer Zeit durch Alkohol und noch viel langsamer durch Leder oder gar durch Harze. Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, daß eine strenge Scheidung sämmtlicher Stoffe in Nichtleiter und Leiter der Elektricität nicht durchführbar ist, daß man die Körper vielmehr vom bestleitenden angefangen in continuirlichen Reihen bis zum schlechtest leitenden anordnen kann. Der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern ist kein qualitativer, sondern nur ein quantitativer, indem eben die Größe jenes Widerstandes eine verschiedene ist, welchen verschiedene Körper dem Durchgange oder der Leitung der Elektricität entgegensetzen. Man nennt im Allgemeinen Leiter jene Körper, welche ein geladenes Elektroskop fast augenblicklich entladen, Halbleiter solche, welche hierzu einer meßbaren Zeit bedürfen und endlich Nichtleiter jene, deren Berührung mit dem Elektroskope letzteres selbst im Verlaufe einer Minute nicht zu entladen vermögen, ohne jedoch hierbei die einzelnen Gruppen strenge von einander trennen zu können. So zählen z. B. zu den Leitern: die Metalle, Kohle, Säuren und Salzlösungen, See-, Quell- und Regenwasser, lebende

Vegetabilien oder animalische Stoffe, Leinen, Baumwolle u. s. w.; zu den Halbleitern: Alkohol, Aether, trockenes Holz, Marmor, Stroh u. s. w.; zu den Nichtleitern: trockene Metalloxyde, fette Oele, Asche, Kalk, Kautschuk, Leder, trockenes Papier, Federn, Haare, Seide, Edelsteine, Glas, Schwefel, Harze u. s. w.

Trockene Gase gehören zu den schlechten Leitern der Elektricität; wäre dies nicht der Fall, so hätten wir von der Elektricität wohl kaum eine Kenntniß erlangt, weil dann jeder Körper die auf ihm erregte Elektricität sofort an die Luft abgeben würde. Dem Umstande, daß *feuchte* Luft hingegen zum Halbleiter wird, ist das häufige Mißlingen elektrischer Experimente zuzuschreiben. Auf die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper hat man auch Rücksicht zu nehmen, wenn man ihr Vermögen, durch Reiben elektrisch zu werden, prüfen will. Würde man z. B. ein Stück Metall in die Hand nehmen und mit irgend einem zweiten Körper reiben, so gelingt es nicht, das Metall zu elektrisiren, weil die Elektricität im selben Momente, als sie erregt wird, auch schon durch den menschlichen Körper zur Erde abfließt. Befestigt man jedoch das Metall an einem Nichtleiter, z. B. an einer Glashandhabe und hält es bei dieser in der Hand, so wird es gelingen, das Metallstück durch Reiben elektrisch zu machen. Nichtleiter, also z. B. Glas- oder Siegellackstangen, bedürfen natürlich keines Zwischenkörpers, sondern können beim Reiben unmittelbar in der Hand gehalten werden, weil die durch die Reibung hervorgerufene Elektricität an den geriebenen Stellen bleibt, da der große Widerstand dieser Körper ihr Weiterfließen zur Hand und von dieser zur Erde verhindert.

Als man die Körper unter Anwendung der eben angegebenen Vorsicht auf ihre Elektrisirbarkeit untersuchte, gelangte man zur Erkennung einer weiteren wichtigen Thatsache. Da nämlich beim Reiben eines Körpers mit einem zweiten ja auch letzterer gleichzeitig gerieben wird, mußte man zu der Vermuthung gelangen, daß auch dieser zweite Körper elektrisch werde. Diese Vermuthung fand sich in der That bestätigt, als man nicht nur den geriebenen, sondern auch den reibenden Körper, das Reibzeug, isolirte. Prüfte man dann nach erfolgter Reibung den geriebenen Körper und das Reibzeug am Elektroskope, so ergab sich stets der geriebene Körper geladen mit Elektricität einer Art, das Reibzeug aber geladen mit Elektricität anderer Art. War z. B. der geriebene Körper Glas, das Reibzeug Amalgam, so zeigte sich nach der Reibung ersteres positiv, letzteres negativ elektrisch, rieb man Harz mit Wolle, so erwies sich ersteres negativ, letztere positiv elektrisch u. s. w.

Aus diesen Versuchen lassen sich aber zwei weitere wichtige Grundgesetze erschließen, nämlich: 1. *sämmtliche Körper werden durch Reiben elektrisch, und 2. bei der Reibung zweier Körper werden stets beide elektrisch, und zwar der eine positiv und der andere negativ.*

Werden die in Rede stehenden Versuche weiter verfolgt, so findet man auch, daß ein und derselbe Körper sowohl positiv als auch negativ elektrisch werden kann, vorausgesetzt, daß verschiedene Körper zur Reibung benützt werden. Wolle wird z. B. positiv elektrisch, wenn man sie auf Glas reibt, hingegen negativ elektrisch, wenn sie auf Harz gerieben wird. Untersucht man in Bezug hierauf eine größere Anzahl von Körpern, so kann man diese derart in eine Reihe anordnen, daß jeder vorhergehende Körper positiv elektrisch wird, wenn man ihn mit einem nachfolgenden reibt oder umgekehrt, daß jeder nachfolgende negativ elektrisch wird, sobald man ihn mit einem vorhergehenden reibt. Eine solche Reihe, **Spannungsreihe** genannt, hat z. B. Faraday, wie folgt, aufgestellt:

Katzen- und Bärenfell	Weiße Seide
Flanell	die Hand
Elfenbein	Holz
Federkiele	Lack
Bergkrystall	Eisen, Kupfer, Messing, Zinn,
Flintglas	Silber, Platin
Baumwolle	Schwefel.
Leinwand	

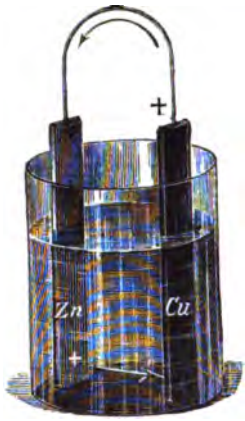
Zu dieser und ähnlichen Reihen ist jedoch zu bemerken, daß die Stellung eines Körpers in der Reihe auch dadurch eine Veränderung erfahren kann, daß dessen Oberfläche eine Veränderung erfährt. So werden z. B. alte Glasflächen durch Reiben fast immer positiv elektrisch, mattgeschliffene Glasflächen zeigen jedoch mit Federn, Wolle, Papier, Holz oder auch mit der Hand gerieben negative Elektricität.

Bisher wurde nur der Reibung als eines Mittels gedacht, um Elektricität hervorzurufen; letztere wird aber nicht nur durch jede Art von Reibung, also z. B. auch durch Feilen, Schaben, Spalten und Zerbrechen der Körper erregt, sondern auch noch durch mancherlei andere Processe, welche von jenem der Reibung ganz verschieden sind. Ein solcher Proceß ist unter Anderem die Erwärmung gewisser Krystalle (**Pyroelektricität**) oder verschiedener Metallcombinationen (**Thermoelektricität**). Eine weitaus wichtigere Quelle der Elektricität besitzen wir aber in der Einleitung gewisser chemischer Processe (**galvanische** oder **Voltaelektricität**).

Taucht man zwei Metalle in eine Flüssigkeit, z. B. Kupfer und Zink in verdünnte Schwefelsäure (Fig. 2) und verbindet die aus der Flüssigkeit herausragenden Enden durch einen Draht, so tritt alsbald in diesem ein stetes Gegeneinanderfließen beider Elektricitäten ein. Man nennt eine derartige Vorrichtung ein galvanisches Element oder eine galvanische Kette, die

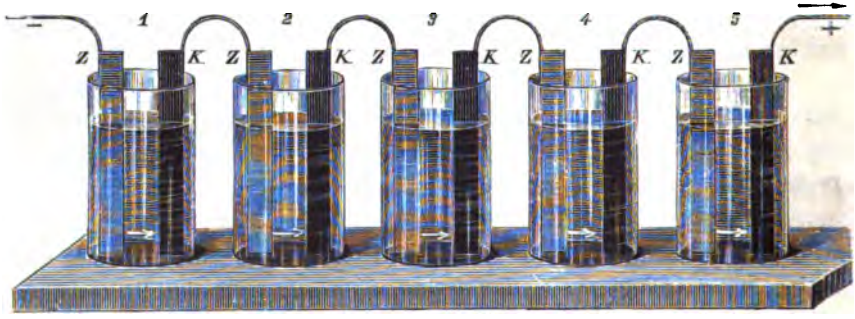
beiden aus der Flüſſigkeit herausragenden Metallenden die beiden Pole und das Gegeneinanderſtrömen beider Elektricitäten den galvaniſchen Strom. Man ſagt, der Strom iſt geſchloſſen, wenn die Verbindung der beiden Metalle durch den Draht hergeſtellt iſt, er iſt geöffnet, wenn dies nicht der Fall iſt. Das Vorhandenſein eines derartigen Stromes kann auf verſchiedene Weiſe nachgewieſen werden. Führt man den Verbindungsdraht über eine frei bewegliche Magnetnadel, ſo wird dieſe abgelenkt; legt man die von den beiden Polen ausgehenden Drähte auf feuchtes Papier, welches mit Jodkaliumlöſung und Kleiſter getränkt wurde, ſo färbt ſich dieſes blau, was von der Ausſcheidung des Jodes aus dem Jodkalium herrührt, da freies Jod den Kleiſter blau färbt; legt man die beiden Drahtenden auf die Zunge, ſo verſpürt man einen metalliſchen Geſchmack; ſchaltet man zwiſchen die Enden des Verbindungsdrahtes einen ſehr dünnen Draht ein, ſo wird dieſer merklich erwärmt. Der galvaniſche Strom bringt alſo im Schließungsbogen magnetiſche, chemiſche, phyſiologiſche und Wärmewirkungen hervor, Wirkungen, welche die Elektricität als ſolche kennzeichnen und die weiter unten noch ausführlicher beſprochen werden ſollen.

Fig. 2.



Galvaniſches Element.

Fig. 3.



Galvaniſche Batterie.

Wenn man das elektriſche Verhalten der beiden Metalle näher prüft, ſo findet man das aus der Flüſſigkeit herausragende Ende des Zinkes negativ, das herausragende Kupferende poſitiv elektriſch. Da bei Erregung von Elektricität auf einem Körper ſtets beide Arten von Elektricität auftreten, wird man an den eingetauchten Enden beider Metalle die entgegengeſetzten Elektricitäten

zu suchen haben; in der That ergeben die Versuche das eingetauchte Zinkende als positiv, das eingetauchte Kupferende als negativ elektrisch. Für den ganzen geschlossenen Leiterkreis (Zink, Verbindungsdraht, Kupfer, Flüssigkeit, Zink) ergibt sich folgendes Verhalten. Vom freien Kupferende geht positive Elektricität durch den Draht zum freien Zinkende, vom eingetauchten Zinkende geht positive Elektricität zum eingetauchten Kupferende und die negative Elektricität schlägt den umgekehrten Weg ein: sie geht vom freien Zinkende zum freien Kupferende und vom eingetauchten Kupferende zum eingetauchten Zinkende. Wenn man im Allgemeinen von der Richtung des galvanischen Stromes spricht, meint man stets die Richtung des positiven Stromes. Jene **Kraft**, welche den elektrischen Strom bewirkt, nennt man die elektromotorische Kraft, die Metalle selbst Elektromotoren. Vereinigt man mehrere Elemente derart miteinander, daß man stets das freie Kupferende des einen Elementes mit dem freien Zinkende des nächsten Elementes verbindet, wie dies Figur 3 zeigt, so erhält man eine **galvanische Batterie** oder **Voltasäule.** Derartige Batterien werden unter Anwendung verschiedener Metalle und verschiedener Flüssigkeiten construirt; diejenige Form der Säule, von welcher diese Bezeichnung abgeleitet wurde, ist in Figur 4 abgebildet. Auf einer Grundplatte sind drei oder vier Glassäulen vertical befestigt. Zwischen diese legt man kreisrunde Scheiben von Zink und Kupfer, darauf einen kreisförmigen, mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Tuchlappen, dann abermals eine Zink- und eine Kupferplatte, wieder einen Tuchlappen u. s. w., stets in derselben Ordnung; die oberste Platte ist dann eine Kupferplatte. Um das Herabfließen der Schwefelsäure aus den Tuchlappen zu verhindern, gibt man den Kupferscheiben die Form flacher Schalen, wie dies auch die Figur 4 erkennen läßt, in welcher der Aufbau der Säule mit einer Kupferschale begonnen und mit einer Zinkplatte abgeschlossen wurde.

Fig. 4.

Volta-Säule.

Diese Form der galvanischen Säule oder Batterie mußte aber bei praktischen Anwendungen des galvanischen Stromes bald zweckmäßigeren Constructionen Platz machen. So sind z. B. beim **Daniell'schen Elemente** zwar die beiden Metalle, Kupfer und Zink beibehalten worden, jedoch hat man es vorgezogen, diese in zwei verschiedene Flüssigkeiten einzutauchen; letztere werden

hierbei durch ein poröses Thongefäß von einander getrennt erhalten. Eine der gegenwärtig gebräuchlichen Formen des Daniell-Elementes ist in Figur 5 dargestellt. Ein mit concentrirter Kupfervitriollösung gefülltes Glasgefäß G enthält den unten offenen Kupfercylinder K und innerhalb desselben die poröse Thonzelle (das Diaphragma) D mit dem Zinkcylinder Z; die Flüssigkeit im Diaphragma besteht aus verdünnter Schwefelsäure. Die Verbindung zweier oder mehrerer Elemente zu Batterien wird durch die an beide Metallcylinder befestigten Blechstreifen und Klemmschrauben ermöglicht.

Eine gebräuchliche Form des **Bunsen-Elementes** versinnlicht Figur 6. In das Batteriegefäß, das aus Glas oder Steingut angefertigt sein kann, kommt ein aus ungefähr vier Millimeter starkem Zinkbleche gebogener Cylinder Zn; dieser umschließt die poröse Thonzelle, in welche die prismatische Kohle C zu stehen kommt. Letztere erhält gewöhnlich einen rechteckigen Querschnitt und wird aus Retortenkohle geschnitten oder auch aus künstlicher Kohle hergestellt. Die Flüssigkeit im Diaphragma ist Salpetersäure, jene zwischen der Thonzelle und dem Batteriegefäße besteht aus verdünnter Schwefelsäure. Die Verbindung mehrerer Elemente zu Batterien wird wieder durch entsprechende Klemmen und Verbindungsbleche hergestellt.

Gegenwärtig sehr beliebt und daher auch weit verbreitet ist das **Leclanché-Element**. Das Batterieglas, Figur 7, ist viereckig gestaltet und mit einem runden, in einer Ecke ausgeschweiften Halse versehen. Man zieht die vierseitige Form der runden vor, weil auf diese Art eine bessere Ausnützung eines gegebenen Raumes erzielt wird. In dem Glasgefäße steht eine cylindrische poröse Thonzelle, deren Durchmesser so gewählt wird, daß die Zelle den Hals des Glases nahezu verschließt. Durch die Ausbiegung des Halses wird ein Zinkstab hineingesteckt. Diese Anordnung bezweckt, das Verdunsten der Flüssigkeit nach Möglichkeit hintanzuhalten. Der Raum der Thonzelle wird durch ein Kohlenprisma und ein dasselbe umgebendes Gemenge, bestehend aus Retortenkohlenklein und Braunsteinkörnern, ausgefüllt. Die Zelle ist durch einen Pechaufguß verschlossen, welcher nur eine Oeffnung besitzt, um die Luft circuliren zu lassen. Als Erregungsflüssigkeit dient Salmiaklösung, mit welcher man das Glas bis zu seiner halben Höhe füllt. Am oberen Theile der Kohle ist durch Bleiguß ein Metallansatz befestigt, welcher eine Klemmschraube zur Aufnahme des Leitungs- oder Verbindungsdrahtes besitzt. An dem Zinkstabe ist eine Drahtspirale direct befestigt.

Ohne auf die zahlreichen übrigen Constructionen der gebräuchlichen galvanischen Elemente weiter einzugehen, möge jedoch eine noch beschrieben werden, die ihrer speciellen Verwendung wegen Interesse verdient.

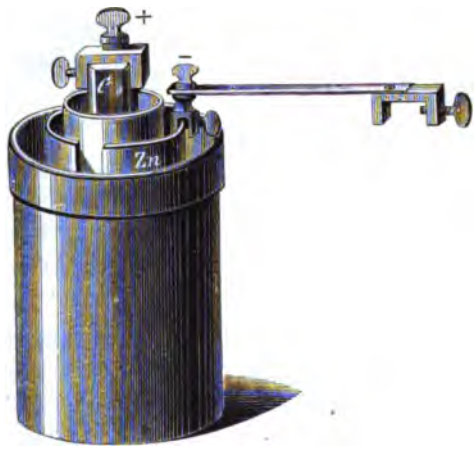
Man hat nämlich auch sogenannte **trockene Säulen** construirt, d. h. Säulen ohne Anwendung einer eigenen Flüssigkeit. Die von **Zamboni** construirte

trockene Säule wird in der Weise verfertigt, daß man unechtes Gold- und Silberpapier mit den Rückseiten aufeinander klebt und aus dem in dieser Art

Fig. 5.

Daniell-Element.

Fig. 6.



Bunsen-Element.

Fig. 7.

Leclanché-Element.

erhaltenen Doppelbogen, dessen eine Seite Gold, dessen andere Seite Silber ist, kreisförmige Scheiben ausstanzt. Letztere werden dann in großer Anzahl derart aufeinander gelegt, daß alle Goldseiten nach der einen, alle Silberseiten nach der anderen Richtung weisen. Da das unechte Goldpapier durch Ueberziehen mit einer dünnen Kupferschicht, das Silberpapier durch Ueberziehen mit einer Zinnschicht hergestellt wird, so erhält man durch das angegebene Verfahren eine Säule, welche ganz ähnlich der Voltasäule aufgebaut ist. Die Zinn- und Kupferschichten sind in jedem Plattenpaare durch Papier und Kleister, also eine sehr hygroskopische, folglich stets mehr oder weniger feuchte Zwischenschicht von einander getrennt. Da man bei einer solchen Säule gewöhnlich eine sehr bedeutende Anzahl von Elementen, 3000 bis 4000, aufeinanderschichtet, so erlangen die beiden Endscheiben oder Pole der Säule ziemlich starke elektrische Spannungen und zwar wird hiebei die letzte Zinnscheibe

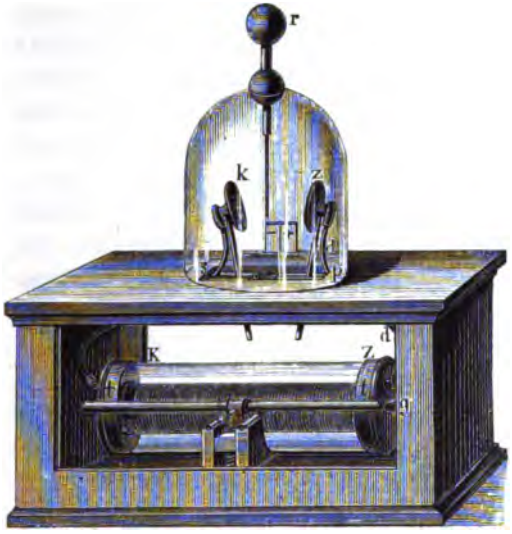
negativ, die letzte Kupferscheibe positiv elektrisch. Die Pole der Säule zeigen daher Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen wie geriebene Glas- oder Harzstangen, ja man kann im Dunkeln selbst das Ueberspringen kleiner Fünkchen beobachten. Der Strom bei geschlossener Säule ist aber sehr schwach, weil nach jeder Entladung der Pole geraume Zeit verstreichen muß, bis die Pole, der schlechten Leitungsfähigkeit der Säule wegen, durch Nachströmen der Elektricität wieder jene Spannung erhalten, die sie vor Schluß des Bogens besaßen. Da sich aber andererseits die Ladung an den beiden Polen jahrelang erhält, ist die Säule verschiedener Anwendungen fähig.

Weiter oben wurde bereits hingewiesen, daß bei der Prüfung der Körper auf ihre Elektrisirbarkeit gewisse Vorsichten geboten sind, wenn die Prüfung mit Hilfe des Goldblatt-Elektroskopes ausgeführt wird. In der Zamboni'schen Säule hat nun **Behrends** ein Mittel zur Construction eines Elektroskopes gefunden, welches unseren Zwecken entspricht. Das **Behrends'sche Elektroskop** in der ihm von Rieß gegebenen Anordnung, geeignet zur Prüfung schwach elektrischer Körper, ist in Figur 8 abgebildet. In einem vierseitigen Holzkästchen, das an seinen beiden Längsseiten durch Glasplatten verschlossen ist, befindet sich die Zamboni'sche Säule. Diese ist in ein mit den zwei Metallkappen K und Z versehenes Glasrohr eingeschlossen. An den Metallkappen sind bei g Gelenke angebracht, in welchen sich S-förmig gebogene Drähte dd drehen können. Die oberen Enden dieser Drähte ragen durch einen, mit Glasröhren ausgekleideten Spalt im Deckel des Holzkästchens über denselben heraus und tragen die Metallscheiben k und z; diese bilden die beiden Pole der Zamboni'schen Säule, und zwar k den positiven, z den negativen Pol. Ueber die beiden Metallscheiben ist eine Glasglocke gestülpt, in deren obere Oeffnung ein Metallstäbchen durch Schellack eingekittet ist. Dieses trägt an seinem oberen Ende die Kugel r, an seinem unteren Ende ein feines Goldblättchen. Die Scheiben k und z sind so gestellt, daß das Goldblättchen zwischen beiden in der Mitte hängt; so lange selbes unelektrisch ist, wird es von beiden Scheiben k und z gleich stark angezogen und bleibt deshalb in der Mitte beider vertical hängen, vorausgesetzt, daß k und z gleich stark elektrisch sind. Sollte letzteres nicht der Fall sein, so verbindet man für kurze Zeit die beiden Metallkappen der Zamboni'schen Säule durch die Metallstange tt miteinander, indem man letztere gegen die Säule schiebt. Hierdurch und durch entsprechende Stellung der Metallscheiben kann man stets erreichen, daß das Goldblättchen von beiden Seiten gleich stark angezogen wird, also in der Mitte vertical herabhängt.

Theilt man nun in diesem Zustande des Elektroskopes dem Goldblättchen auch nur die geringste Menge Elektricität mit, so muß das Gleichgewicht

sofort gestört werden, denn jetzt wird das elektrische Goldblättchen von der ungleichnamig elektrischen Metallscheibe angezogen, von der gleichnamig elektrischen

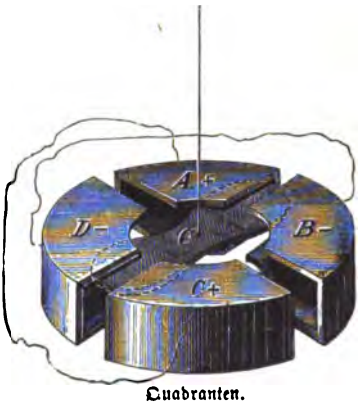
Fig. 8.



Elektroskop von Behrends.

aber abgestoßen. Beide Metallscheiben suchen also das Goldblättchen nach derselben Seite hin abzulenken, unterstützen sich also gegenseitig in ihrer Einwirkung auf das Goldblättchen. Hierin ist die große Empfindlichkeit des Instrumentes begründet. Die Prüfung eines Körpers auf seinen elektrischen Zustand erfordert nur die Berührung der Metallkugel des Elektroskopes mit diesem Körper; ist letzterer unelektrisch, so bleibt das Goldblättchen natürlich gleichfalls unelektrisch und behält daher seine verticale Mittellage unveränderlich bei. Ist der Körper z. B. positiv elektrisch, so wird auch das Goldblättchen positiv elektrisch; es wird daher vom positiven Pol k abgestoßen und vom negativen Pol z angezogen, muß sich also gegen diesen zu bewegen. Die entgegengesetzte Bewegung tritt ein, wenn der Körper negativ elektrisch war.

Fig. 9.



Quadranten.

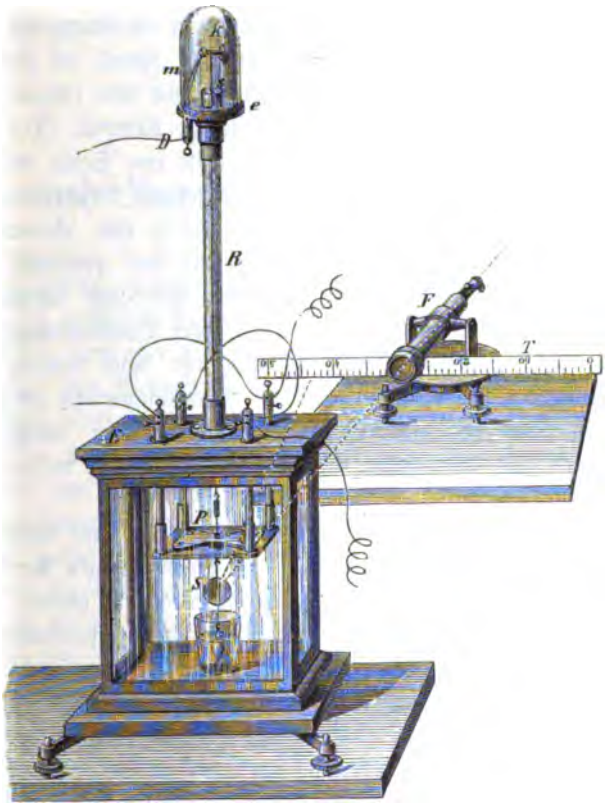
Ein für die Messung schwacher Elektricitäten sehr empfindliches Instrument ist das **Quadranten-Elektrometer von Thomson.** Die Quadranten + A und + C, — B und — D, von welchen das Instrument den Namen erhielt, und die in ihrer Mitte schwebende eigenthümlich (lemniskatisch) geformte Nadel C sind in Figur 9, getrennt von den übrigen Theilen des Elektroskopes, abgebildet. Die vier Quadranten zusammengenommen bilden eine flache cylindrische Büchse, die durch zwei senkrecht aufeinander geführte Schnitte eben diese Viertheilung erhielt. Je zwei der aus Messingblech gefertigten, einander gegenüberliegenden Quadranten sind durch Drähte leitend miteinander verbunden und sämmtliche Quadranten in der Mitte so ausgeschnitten, daß ihre inneren Begrenzungen zu dem Umfange der cylindrischen Büchse concentrische Kreise bilden. Die innen schwebende Nadel ist aus Aluminiumblech gefertigt, und dieser bewegliche Theil ist es, welcher bei dem Quadrantenelektroskope die stabile elektrische Ladung erhält, indes einem Quadrantenpaare die Elektricität des zu prüfenden Körpers zugeführt wird. So lange die Quadranten unelektrisch bleiben und nur die Nadel eine constante z. B. positive Ladung besitzt, herrscht Gleichgewicht, d. h. die Nadel beharrt in der durch die Figur versinnlichten Stellung. Der Gleichgewichtszustand wird aber sofort gestört, wenn man einem Quadrantenpaare die Elektricität des zu prüfenden Körpers mittheilt. War dieser z. B. negativ (—) elektrisch und wurde dessen Elektricität den miteinander durch einen Draht leitend verbundenen Quadranten D und B mitgetheilt, so wird der negativ elektrische Quadrant D die positiv elektrische Nadel C anziehen, sie folglich in der Richtung der Uhrzeigerbewegung zu drehen suchen; ebenso wird der negativ elektrische Quadrant B die positiv elektrische Nadel anziehen, dieselbe also, wie aus der Figur leicht zu ersehen ist, gleichfalls in der Richtung der Uhrzeigerbewegung zu drehen suchen. Es wirken folglich beide Quadranten übereinstimmend dahin, die Nadel in der Richtung der Uhrzeigerbewegung abzulenken. Es würde für sie natürlich eine entgegengesetzte Ablenkung resultiren, wenn der zu prüfende Körper positiv elektrisch gewesen wäre und daher auch die beiden Quadranten B und D eine positive Ladung erhalten hätten.

Thomson's Quadranten-Elektrometer wurde mit Beibehaltung eines wesentlichen Bestandtheiles, der Quadranten, in mannigfacher Weise abgeändert und vereinfacht. Eine solche Vereinfachung erhielt es u. A. durch **Branly** und durch **V. v. Lang**; letztere möge an Stelle des ursprünglich Thomsonschen Instrumentes nachstehend beschrieben werden.

Der mit Glasscheiben versehene hölzerne Kasten (Fig. 10) ist oben durch eine Ebonitplatte E abgeschlossen. Die centrale Durchbohrung der letzteren ist mit einem Messingansatze versehen, in welchem das Glasrohr R sitzt. Auf der

oberen Messingfassung dieses Rohres ist unter Vermittlung eines zweiten Messingansatzes die Ebonitplatte e drehbar aufgesetzt. Diese trägt einen Messingdraht m, an dessen oberem Ende eine kleine Messingspindel durch den Ebonitknopf k gedreht werden kann; das untere Ende des Messingdrahtes steht mit der Drahtklemme D in Verbindung. Der um die Messingspindel geschlungene

Fig. 10.



Quadranten-Elektrometer.

Platindraht reicht durch das Glasrohr R und die centrale Durchbohrung der Ebonitplatte E in den Kasten hinab und trägt an seinem unteren Ende die achterförmige Aluminiumplatte p. Die Centrirung des Drahtes wird durch den geschlitzten Knopf s bewirkt. Der über die Platte e gestülpte Glassturz hat den Zweck, das Eindringen von Staub hintanzuhalten. In dem beschriebenen Instrumente bilden die Quadranten keine flache Büchse wie bei dem Thomsonschen Elektrometer, sondern sie stellen nur eine einfache, viertheilige Platte dar,

welche durch Messingsäulchen an der Ebonitplatte E gehalten wird. Oberhalb dieser Platte gehen die Messingsäulchen in Klemmschrauben über, von welchen je zwei diagonal gegenüber liegende durch einen Draht leitend miteinander verbunden sind. Die Aluminiumplatte wird mit Hilfe der oben angegebenen Aufhängevorrichtung so eingestellt, daß sie unmittelbar oberhalb der Quadranten zu schweben kommt. Nach unten hängt von der Aluminiumplatte ein Draht herab, welcher das Spiegelchen S und einen zum Theile mit Quecksilber gefüllten Glaskörper trägt. Letzterer taucht in ein Glasgefäß mit concentrirter Schwefelsäure. Die Schwefelsäure hat den Zweck, die Luft innerhalb des Kastens trocken zu erhalten und im Vereine mit dem eingetauchten Glaskörper die Schwingungen der Aluminiumplatte zu dämpfen. Der Spiegel S dient zur Messung der Nadelablenkung mit Hilfe von Scala und Fernrohr.

Der Gebrauch des Instrumentes ist nach obiger Beschreibung unschwer verständlich; man ertheilt der Aluminiumplatte p eine schwache elektrische Ladung, indem man die Klemme D etwa mit dem positiven Pole einer Zamboni'schen Säule verbindet, den negativen Pol und ebenso das eine Quadrantenpaar zur Erde ableitet und das andere Quadrantenpaar mit der zu messenden Elektricitätsquelle in Verbindung setzt. Nach dem vorhin geschilderten Verhalten der Quadranten gegen die Aluminiumplatte muß dann die Platte in der einen oder anderen Richtung mehr oder minder abgelenkt werden, je nach dem Vorzeichen und der Stärke der zu messenden Elektricitätsquelle.

Um die Größe der Ablenkung zu bestimmen, ist, wie bereits erwähnt, bei S ein Spiegelchen angebracht, welches alle Schwingungen der Aluminiumplatte mitmacht. Diesem gegenüber wird ein Fernrohr F sammt Theilung T so aufgestellt, daß in dem auf den Spiegel gerichteten Fernrohre der Nullpunkt der Theilung erscheint, wenn die Aluminiumplatte p und mit ihr der Spiegel S sich in der Ruhelage befinden. Erfährt p eine Ablenkung, so muß auch der Spiegel S eine genau ebenso große Drehung erfahren und kann daher nicht mehr den Nullpunkt der Theilung in das Fernrohr reflectiren, sondern wird vielmehr einen von dem Nullpunkte mehr oder weniger weit entfernten Punkt der Theilung erscheinen lassen, und somit die Größe der Ablenkung von p zu bestimmen gestatten. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß die Aluminiumplatte nach Entladung des Instrumentes in ihre Nullstellung durch die Torsionskraft zurückgeführt wird, welche bei der Ablenkung der Aluminiumplatte durch Verdrehung des Aufhängedrahtes in diesem geweckt wurde.

II.

Sitz und Vertheilung der Elektricität.

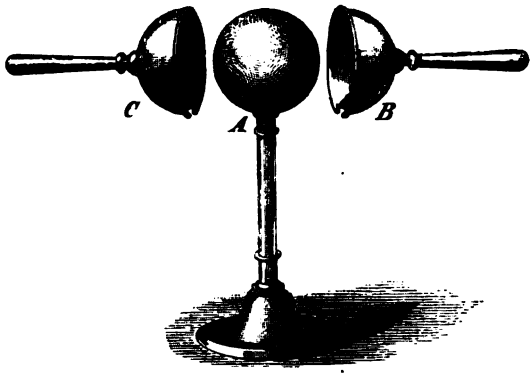
Das auf experimentellem Wege gefundene Grundgesetz: Gleichnamig elektrisirte Körper stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an, bietet aber nicht nur ein geeignetes Princip für die Construction von Meßapparaten dar, sondern gestattet auch weitere Einblicke in das Verhalten elektrisirter Körper. Zwar ist das Wesen der Elektricität noch unbekannt, doch sind in jedem Falle für dieses nur zwei Annahmen zulässig: man stellt sich die Elektricität als einen eigenthümlichen Bewegungszustand kleinster Theilchen vor, welcher Annahme sich wohl die meisten modernen Naturforscher zuneigen, oder man betrachtet die Elektricität als eine ungemein subtile Flüssigkeit, als eine Flüssigkeit, die noch feiner ist als die Luft. Im ersteren Falle wird man sich einen elektrischen Körper in der Weise vorzustellen haben, daß auf oder in diesem Körper kleinste Theilchen sich in einem eigenthümlichen Bewegungszustande befinden; im letzteren Falle müßte der Körper eine größere oder geringere Anzahl von Theilchen des elektrischen Fluidums enthalten. Es würde hier zu weit führen, jene Gründe anzugeben, welche für die Annahme der einen oder der anderen Ansicht sprechen; dies kann um so eher unterbleiben, als es für die weiteren Betrachtungen ohne Belang bleibt. Wir wollen uns von beiden Möglichkeiten nur das eine merken, daß man in jedem Falle bei einem elektrischen Körper von kleinsten elektrischen Theilchen sprechen kann, und daß dann natürlich auch für diese das kurz vorher citirte Grundgesetz Geltung besitzt.

Dies vorausgeschickt, kann nun auch jener Vorgang, welcher bei Berührung eines elektrischen Körpers mit einem unelektrischen eintritt, näher erläutert werden. Bringt man nämlich einen elektrischen Körper mit einem unelektrischen

in Berührung, oder setzt man ersteren mit letzterem in leitende Verbindung, so muß das Bestreben der gleichnamig elektrischen Theilchen, sich möglichst weit von einander zu entfernen, dahin führen, daß sie sich auch auf den ursprünglich unelektrischen Körper, beziehungsweise auch über die verbindende Leitung verbreiten. Hierbei wird dieser Körper den elektrischen Zustand um so rascher annehmen müssen, je geringer der Widerstand ist, welchen die beiden Körper und der verbindende Leiter der Bewegung entgegensetzen, je geringer also ihr Leitungswiderstand ist.

Die zwischen gleichnamig elektrischen Theilchen wirkende Abstoßungskraft hat aber auch noch eine andere Erscheinung zur Folge. Der Körper kann, wenn er ein Leiter ist, also der Fortpflanzung der Bewegung einen geringen

Fig. 11.



Sitz der Elektricität.

Widerstand entgegensetzt, nicht in seinen inneren Theilen sondern nur an der Oberfläche elektrisch sein, weil nur an der Oberfläche des Körpers die elektrischen Theilchen so weit von einander entfernt sind, als es die gegebenen Verhältnisse überhaupt gestatten. Somit ist die Oberfläche des Körpers als der Sitz der Elektricität zu betrachten. Es muß hierzu bemerkt werden, daß dies aber nur von dem bereits geladenen Körper gilt, also erst dann, wann jene Bewegung der elektrischen Theilchen, welche die Ladung des Körpers herbeiführt, zu Ende ist, nicht aber für einen Körper, in welchem die Ladungsbewegung im Gange ist; die hiefür geltenden Gesetze sollen später eine Erläuterung finden. Das soeben theoretisch abgeleitete Gesetz für den Sitz der Elektricität ist auch auf experimentellem Wege bestätigt worden. Der einfachste, hierzu dienliche Apparat ist in Figur 11 dargestellt. Eine Messingkugel A ist durch eine Glassäule und einen hölzernen Fuß isolirt aufgestellt. Ueber die Kugel A können zwei gleichfalls aus Messing gefertigte Halbkugeln B und C derart

geſtülpt werden, daß ſie die Kugel A genau umſchließen. Setzt man die mit iſolirenden Handgriffen verſehenen beiden Halbkugeln auf die Kugel A auf und elektriſirt das ganze Syſtem, ſo erſcheint nach Wiederentfernung der Halbkugeln die Kugel A ganz unelektriſch, während die Halbkugeln elektriſch bleiben. Der Verſuch kann auch in der Weiſe angeſtellt werden, daß man zuerſt die Kugel A elektriſirt und dann die beiden Halbkugeln aufſetzt: dieſe werden ſofort elektriſch und laſſen nach ihrer neuerdings erfolgten Entfernung von der Kugel A letztere abermals unelektriſch zurück. Dieſen Verſuch hat, in anderer Form, bereits Faraday ausgeführt. Er ließ ſich ein großes Holzgerüſte in Form eines Würfels herſtellen, verband die Kanten desſelben durch Netze aus Kupferdraht und überklebte ſeine Flächen mit Papier und darüber mit Stanniol. Die in ſolcher Weiſe verfertigte Kammer wurde in einen großen Saal geſtellt, und Faraday begab ſich, mit einem empfindlichen Elektroſkop in der Hand, in das Innere der Kammer. Sodann ließ er letztere ſo ſtark als möglich elektriſiren und unterſuchte mit Hilfe des Elektroſkopes den elektriſchen Zuſtand im Innenraume. Es gelang ihm an keiner Stelle, auch nur eine Spur von Elektricität nachzuweiſen.

Derartige Verſuche wurden in neuerer Zeit mehrfach wieder aufgenommen und da ſie direct mit Bezug auf die Anlage von Blitzableitern durchgeführt wurden, mögen ſie auch hier kurz erwähnt werden. Melſens ſtellte ſich aus Metalldrähten einen Käfig her, ſchloß in demſelben Thiere ein und leitete dann kräftige elektriſche Entladungen auf den Käfig. Das eingeſchloſſene Thier blieb ſtets unverletzt, ſelbſt auch dann, wenn es mit den Metalldrähten in directer Berührung ſtand. Melſens ſchloß aus dieſen Verſuchen, daß man in derſelben Weiſe, in welcher das Thier vor elektriſchen Entladungen beſchützt blieb, auch Gebäude ſammt ihren Bewohnern gegen Blitzgefahr bewahren können müſſe und gründete hierauf ſein, in einem ſpäteren Abſchnitte zu beſprechendes Blitzableiterſyſtem.

Zu ähnlichen Verſuchen wurde das techniſch-adminiſtrative Militär-Comité in Wien dadurch veranlaßt, daß an dasſelbe die Aufgabe herantrat, gewiſſe, durch den Blitz arg gefährdete, Bauten auf den Felſen des Karſtgebirges mit einem wirkſamen Blitzableitungsſyſteme zu verſehen. Es muß hier, einer ſpäteren Erörterung vorgreifend, bemerkt werden, daß eine der wichtigſten Anforderungen, welche man an einen Blitzableiter ſtellen muß, darin beſteht, eine möglichſt vollkommene Leitung bis in ſtändig naſſes Erdreich zu führen. Die Erfüllung dieſer wichtigen Bedingung für die verläßliche Wirkſamkeit eines Blitzableiters ſtößt nun auf dem Felſenboden des Karſtgebirges auf unüberwindliche Hinderniſſe, und ſomit war man gezwungen, den Schutz der betreffenden Objecte auf andere Weiſe anzuſtreben. Es lag natür-

lich nahe, sich zu diesem Behufe des Faraday'schen Häuschens zu bedienen, d. h. also die betreffenden Munitionsmagazine u. dgl. mit Metallhüllen zu versehen. Bevor man jedoch an die Ausführung dieser Idee ging, wollte man sich doch noch vorher auf experimentellem Wege von der praktischen Verwertbarkeit derselben überzeugen und führte daher eine Reihe von Experimenten durch, deren einige nachstehend mitgetheilt werden sollen.

In die unten offene Drahthaube, Figur 12, wurde ein sehr empfindlicher Zünder ganz unsymmetrisch angeordnet und dann leitete man kräftige elektrische Entladungen (einer Leydnerflasche + e, — e) auf die Haube. Hierbei wurde der Zünder frei auf den Boden oder auf eine isolirende Unterlage gelegt, oder man verband die Zünddrähte in der durch die Figur angedeuteten Weise mit der Drahthaube. In keinem dieser Fälle gelangte der Zünder zur Explosion, er erwies sich also durch die Drahthaube als vollkommen geschützt. Ob aber der Zünder diesen Schutz jenem Gesetze zu verdanken hat, dem zufolge die Elektricität ihren Sitz nur auf der Oberfläche der Körper hat, ist hiermit noch nicht nachgewiesen. Der Schutz könnte vielleicht auch dadurch erreicht worden sein, daß der Weg über den Zünder der Entladung einen zu großen Leitungswiderstand entgegengesetzt habe, diese es daher vorzog, über die Drahthaube zu gehen. Wenn dies der Fall wäre, könnte man dann den Zünder oder überhaupt irgend welche Objecte innerhalb der Drahthaube nur so lange als geschützt betrachten, als der Weg durch erstere der Fortpflanzung der Entladung weniger Widerstand darbietet, wie jener über die Drahthaube. Um diesen Zweifel zu beseitigen, mußten weitere Versuche gemacht werden.

Einer dieser Versuche bestand darin, daß man der Entladung (eines elektrischen Zündapparates) zwei Wege darbot, nämlich einen möglichst kurzen und widerstandslosen und einen längeren, der durch den frei liegenden Zünder führte. War nun der Schutz des Zünders in den früheren Versuchen nicht der ihn bedeckenden Drahthaube zuzuschreiben, sondern der verschiedenen Leitungsfähigkeit der beiden Wege für die Entladung, so durfte auch jetzt, wo den Zünder keine Drahthaube bedeckte, der Weg für die Entladung über letztere durch einen sehr gut leitenden kurzen Weg ersetzt war, der Zünder nicht explodiren. Da nun aber die wirkliche Ausführung der Experimente stets die Explosion des Zünders zur Folge hatte, konnte hieraus geschlossen werden, daß in den erstbesprochenen Experimenten thatsächlich die Drahthaube den Schutz des Zünders ermöglicht hat, daß also in unserem Falle das Gesetz über den Sitz der Elektricität Giltigkeit besitzt. Immerhin ist aber hierdurch noch nicht die Frage beantwortet, ob neben der Giltigkeit des Gesetzes über den Sitz der Elektricität (auf dem bereits geladenen Körper) nicht auch das Verhalten der Elektricität während ihres Ueberganges auf den betreffenden

Körper in Betracht zu ziehen ist, wobei, wie bereits weiter oben erwähnt wurde, nicht die Oberfläche, sondern die Größe des Widerstandes, den der Körper der Bewegung der Elektricität entgegensetzt, maßgebend erscheint. Wir haben es in diesen Experimenten aber nicht bloß mit dem Verhalten bereits elektrisirter Körper zu thun, sondern müssen vielmehr auch den Vorgang der Elektrisirung, also den Proceß der Ueberführung der Elektricität in Betracht ziehen, oder mit anderen Worten, es treten hier sowohl statische als auch dynamische Erscheinungen ein.

Die Beantwortung der oben gestellten Frage findet man in Experimenten, welche von Mach ausgeführt wurden. Mach benützte einen würfelförmigen Drahtkorb, dessen Querschnitt durch a b c d in Figur 13 dargestellt ist. Dieser Drahtkorb stand auf einem Blatte Stanniol, und das Ganze war

Fig. 12.

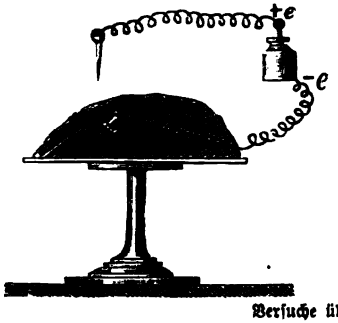
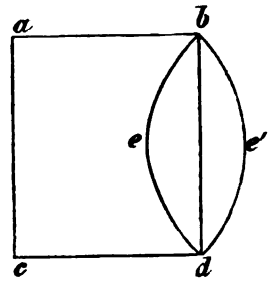


Fig. 13.



Versuche über elektrische Vertheilung.

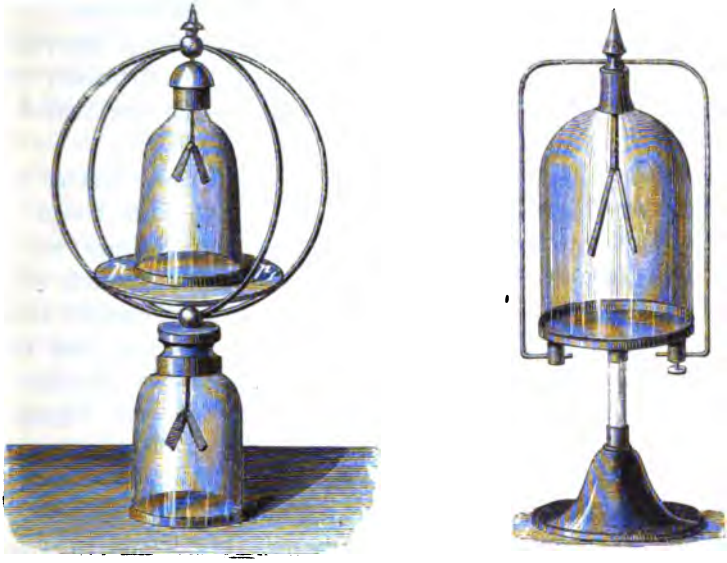
isolirt aufgestellt. Auch wurde anstatt des Drahtkorbes ein eben solcher aus Goldpapier versucht. In beiden Fällen gab ein im Inneren des Korbes aufgestelltes, empfindliches Elektroskop keinerlei Anzeigen, auch wenn der Korb noch so stark geladen war; eine statische Wirkung war somit nicht nachweisbar. Mach stellte nun einen zweiten Weg (Nebenschluß) b e d durch einen 1 Millimeter starken Draht her, welcher bei e entzweigeschnitten und an den hierdurch gebildeten Enden mit Spitzen versehen wurde. Zwischen beiden Spitzen befand sich Knallsilber. Dieses kam nicht zur Explosion, wenn auch kräftige Entladungen auf den Drahtkorb geleitet wurden. Die Explosion kam aber auch dann nicht zustande, wenn derselbe Nebenschluß, bei sonst unveränderter Anordnung, nach b e' d, also außerhalb des Drahtkorbes verlegt wurde; somit wurde bei dieser Anordnung auch keine dynamische Wirkung beobachtet. Machte man hingegen dieselben beiden Versuche unter Anwendung des Goldpapierkastens, so erfolgte die Explosion mit Sicherheit jedesmal, gleichgiltig, ob die Nebenschließung außerhalb oder innerhalb des Kastens angebracht war. Da

sich die beiden Versuchsreihen bezüglich ihrer Anordnungen also dadurch voneinander unterscheiden, daß in der ersten ein Leiter von geringem Widerstande (der Drahtkorb) und im zweiten Falle ein Leiter von großem Leitungswiderstande (der Goldpapierkasten) die Entladungen aufnahm, muß aus den hierbei erzielten Resultaten geschlossen werden, daß es thatsächlich nicht genügt, nur das Princip der Oberfläche in Betracht zu ziehen, daß vielmehr auch die Leitungsfähigkeit eine Rolle spielt. Man hat sich also vorzustellen, daß Körper, eingeschlossen in wiederholt angegebener Weise, sich bei elektrischen Entladungen nicht in einem unelektrischen, sondern in einem sehr schwach elektrischen Raume befinden.

Zenger umgab ein Elektroskop mit zwei oder vier, zu den Goldblättchen symmetrisch angeordneten Leitungsdrähten in der Weise, daß die Goldblättchen die Achse jenes Rotationskörpers (Kugel, Paraboloid u. s. w.) bildeten, welcher durch die Leiter gewissermaßen in seinen Contouren dargestellt wird. Dabei stand das Elektroskop auf einer Metallplatte p p_1, Figur 14, während die Leitungsdrähte nach ihrer Berührung mit dieser Platte sich in der Kugel eines zweiten Elektroskopes vereinigten; die Glasflasche des letzteren bildete zugleich den isolirenden Fuß des Apparates. Nähert man nun dem Knopfe oder den Leitungsdrähten oder der Platte p p_1 eine geriebene Glas- oder Siegellackstange, so ist im oberen, durch die symmetrisch angeordneten Leiter umgebenen Elektroskope nicht die geringste elektrische Wirkung wahrzunehmen, während die Blättchen des unteren Elektroskopes sofort divergiren. Die Blättchen des oberen Elektroskopes bleiben selbst bei den kräftigsten elektrischen Entladungen, welche die Goldblättchen des unteren Elektroskopes augenblicklich zerstören, vollkommen unbeeinflußt. Die Blättchen des oberen Elektroskopes bleiben aber nicht mehr unelektrisch, sobald die Leitung der Drähte durch Zerreißung oder auf andere Art aufgehoben wird, oder wenn man die Elektricitätsquelle, z. B. den geriebenen Glasstab, zwischen die Drahtleitungen und das, die oberen Goldblättchen umhüllende, Glasgefäß einführt. Aus diesen Versuchen Zenger's ergibt sich also, daß es, um einen Raum gegen von Außen kommende elektrische Einwirkungen zu schützen, nicht nothwendig ist, den ganzen Raum durch ein Faraday'sches Häuschen oder durch Drahtnetze einzuschließen, sondern, daß vielmehr dieser Schutz schon dadurch erreicht wird, wenn man nur gewissermaßen die Contouren einer solchen einschließenden Hülle durch gute Leiter herstellt; hieran ist jedoch die Bedingung geknüpft, daß diese Leiter den zu schützenden Raum symmetrisch umschließen müssen. Gestützt auf diese Experimente schützt Zenger auch Gebäude gegen Blitzschläge, indem er die Gebäude mit einer größeren oder geringeren Anzahl symmetrisch angelegter Leitungen versieht.

Es wurde bereits auseinandergesetzt, wie sich die elektrischen Theilchen verhalten, wenn ein elektrischer Körper mit einem unelektrischen, aber gut

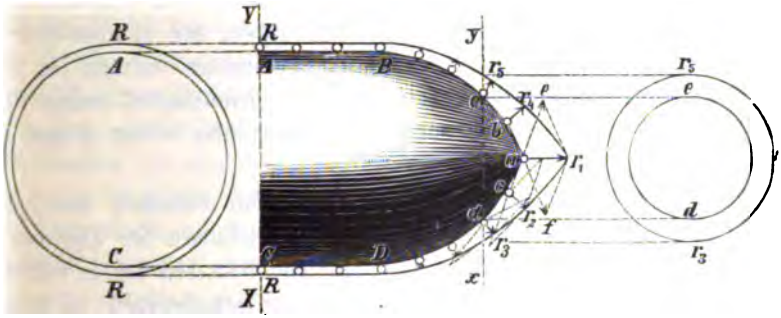
Fig. 14.



Zenger's Elektroskope.

leitenden Körper in unmittelbare oder mittelbare Verbindung gesetzt wird: die elektrischen Theilchen verbreiten sich über das ganze in leitender Verbindung

Fig. 15.



Vertheilung der Elektricität.

stehende System. Hat die Ausbreitung der Elektricität auf den leitend mit einander verbundenen Körpern ihr Ende erreicht — und sie muß ein solches erreichen, wenn das ganze System mit Isolatoren umgeben ist — so werden die elektrischen Theilchen die Oberfläche der Körper gewissermaßen in einer

Art Schichte überkleiden, die man sich im allgemeinen dicker oder dünner vorzustellen haben wird, je stärker oder schwächer die mitgetheilte (oder auch auf dem Körper selbst erregte) Elektricität war. Man nennt die Dicke einer solchen Schichte oder die Menge der Elektricität auf der Flächeneinheit die **Dichte** der Elektricität an jener Stelle des Körpers. Es ist nun zu untersuchen, ob nach Herstellung des Gleichgewichtes diese Dichte der Elektricität bei einer bestimmten Ladung für jede Stelle eines beliebig geformten Leiters dieselbe ist oder nicht.

Figur 15*) stellt einen Leiter dar, dessen Oberfläche im Raume A B C D cylindrisch, im Raume B a D konisch geformt ist. Die oberste Schichte elektrischer Theilchen ist durch a b c d .... angedeutet. Nehmen wir zunächst an, die Vertheilung der Elektricität wäre auf der ganzen Oberfläche des Leiters eine gleichförmige, wie dies auch durch die gleich weit von einander abstehenden elektrischen Theilchen dargestellt ist, und betrachten wir nun das Verhalten irgend eines Theilchens gegen seine Nachbartheilchen. Das Theilchen a wird von dem Theilchen b in der Richtung b f abgestoßen, vom Theilchen c in der Richtung c e; die Wirkungen der Theilchen d und e auf a können wegen der großen Entfernung der letzteren von a vernachlässigt werden. Stellen a e und a f die Größen und Richtungen der von c und b auf a ausgeübten Kräfte dar, so kann die Resultirende dieser beiden Kräfte bekanntlich leicht gefunden werden, indem man das Kräfteparallelogramm a e r_1 f construirt; die Diagonale a r_1 ist dann die gesuchte Resultirende. Sucht man dann in derselben Weise für das Theilchen c, das nächste an a, die Resultirende der beiden Kräfte, welche a und d auf c geltend machen, so erhält man die Linie c r_2; die Resultirende für das Theilchen d ist d r_3 u. s. w. Man ersieht hieraus, daß alle Resultirenden senkrecht auf der Oberfläche des Leiters stehen, daß also das Bestreben aller elektrischen Theilchen dahin geht, sich in Richtungen senkrecht zur Oberfläche des Leiters zu entfernen, und daß diese Resultirenden immer kleiner werden, je weiter man sich von a in der Richtung über c und d nach C D entfernt.

Die Theilchen auf der Strecke D C für sich betrachtet haben dann Resultirende gleich Null, d. h. die gegenseitigen Wirkungen der Theilchen auf einander heben sich auf; aber auch sie haben das Bestreben sich in senkrechten Richtungen auf die Oberfläche des Leiters von diesem fortzubewegen, da sie diesen Impuls von den Theilchen einer darunter liegenden Schichte erhalten, welche natürlich auf alle Theilchen der darüber liegenden Schichte abstoßend wirkt. Derselbe Verlauf ergibt sich auch für den oberen Theil der Begrenzung a b B A.

---

*) Aus Urbanitzky: Elektricität im Dienste der Menschheit.

Ziehen wir wieder nunmehr die oberſte Schichte für ſich allein in Betracht, ſo werden ſich alſo alle Theilchen auf A B oder C D im Gleichgewichte befinden, wenn ſie nach der urſprünglichen Vorausſetzung in gleicher Entfernung von einander angeordnet ſind. Die Theilchen auf der Curve B a D ſind jedoch nicht im Gleichgewichte und die ſie zu bewegen ſuchenden Reſultirenden werden deſto größer, je näher die Theilchen an a liegen. Der Grund für dieſes Anwachſen der Reſultirenden iſt aus der Zeichnung leicht zu erkennen — er liegt offenbar in der immer mehr zunehmenden Krümmung der Curve — denn hierdurch wird der Winkel, den je zwei auf ein Theilchen einwirkende Kräfte einſchließen, immer kleiner, folglich die Diagonale des betreffenden Kräfteparallelogrammes immer größer.

Wir erſehen daraus, daß auf einem Leiter von der Form, wie ſie die Figur 15 darſtellt, die elektriſchen Theilchen ſich nicht überall im Gleichgewichte befinden können, wenn ſie, wie anfangs vorausgeſetzt wurde, über den ganzen Leiter, ohne Berückſichtigung ſeiner Form, gleichmäßig vertheilt ſind. Wir erſehen daraus vielmehr, daß die elektriſchen Theilchen auf einem Leiter, deſſen Oberfläche verſchiedene Krümmungen hat, an den Punkten ſtärkſter Krümmung mit größter Kraft von der Leiteroberfläche weggetrieben werden. Sollen alſo die Theilchen der in Rede ſtehenden Schichte ſich im Gleichgewichte befinden, ſo kann dieſe Schichte nicht an jeder Stelle von der Leiteroberfläche gleich weit abſtehen, ſondern muß letztere vielmehr ſo umhüllen, wie dies durch die Curve R r_5 r_4 r_1 r_2 r_3 R dargeſtellt iſt. Es würde ſomit bei der gezeichneten Lage der Theilchen in r_1 r_2 r_3 .... die darunter liegende Leiteroberfläche frei von elektriſchen Theilchen bleiben, was aber nicht ſein kann, da ſich die einem Leiter mitgetheilte Elektricität auf dem ganzen Leiter ausbreitet. Es muß folglich ein Nachſtrömen der elektriſchen Theilchen gegen a zu, alſo gegen die Fläche ſtärkſter Krümmung hin, ſtattfinden, dieſe muß von einer dickeren Schichte elektriſcher Theilchen umhüllt ſein als die Flächen geringerer Krümmung. In der Figur ſtellen dies die Querſchnitte nach X Y und x y dar; daß ſich die Vertheilung in einem und demſelben Querſchnitte von Punkt zu Punkt gleich bleibt, iſt ſelbſtverſtändlich, da die Querſchnitte als Kreiſe Curven ſind, die an jeder Stelle dieſelbe Krümmung beſitzen. In allgemein üblicher Form ausgedrückt heißt dies alſo: *Die elektriſche Dichte iſt an den verſchiedenen Stellen einer Leiteroberfläche deſto größer, je kleiner der Krümmungsradius*) des betreffenden Flächenelementes iſt.*

*) Die Krümmung einer Fläche kennzeichnet man nämlich durch den Radius jener Kugel, deren Oberfläche die gleiche Krümmung beſitzt, und denkt ſich dabei eine beliebig gekrümmte Fläche aus lauter Flächenelementen zuſammengeſetzt, welche Kugeln von entſprechenden Radien entnommen ſind.

Wie leicht einzusehen und auch auf graphischem Wege wieder gezeigt werden könnte, erhalten wir kein qualitativ verschiedenes Resultat, wenn wir eine größere Anzahl übereinander befindlicher Schichten elektrischer Theilchen in Rechnung ziehen würden. Die Anzahl der Schichten repräsentirt natürlich die Stärke der Gesammtladung und steigt und fällt mit dieser. Die resultirende Wirkung der Theilchen von Schichte zu Schichte besteht, wie bereits erwähnt, aber offenbar darin, daß die Theilchen der äußersten Schichte sich in Richtungen senkrecht auf diese von derselben zu entfernen trachten. Das Entfernen wird thatsächlich eintreten, sobald der Widerstand des umgebenden Mediums nicht groß genug ist, um die Theilchen zurückzuhalten. Es tritt dann eine schichtenweise Entladung des Leiters ein, die so lange fortschreitet, bis die Spannung der Elektricität auf dem Leiter so gering geworden ist, daß sie den Widerstand des umgebenden Mittels nicht mehr zu überwinden im Stande ist.

Aus obiger Betrachtung ersehen wir, daß die Dichte der Elektricität mit einer einzigen Ausnahme auf keinem, wie immer gestalteten Leiter eine gleichförmige sein kann, da kein Körper, mit Ausnahme der Kugel, nach allen Richtungen hin den gleichen Krümmungsradius besitzt. Bei einer kreisförmig begrenzten Fläche nimmt die Dichte vom Mittelpunkte gegen die Peripherie hin zu. Ein halbkugelig abgeschlossener Cylinder hat an den Kugelsegmenten seine größte Dichte u. s. w. Nimmt die Dichte zu mit der Abnahme des Krümmungsradius, so muß offenbar auf einer Fläche von unendlich großem Krümmungsradius die Dichte Null, auf einer Fläche von unendlich kleinem Krümmungsradius eine unendlich große Dichte herrschen. Und in der That, wenigstens in sehr großer Annäherung, existiren auch diese beiden Grenzzustände, ja sie bilden geradezu die Grundlage zur Construction von Blitzableitern. Eine Leiteroberfläche von unendlich großem Krümmungsradius bildet die Erde, welche allen unseren Apparaten, Gebäuden ꝛc. gegenüber als unendlich groß angenommen werden kann. Es wird daher jeder Körper, den man mit der Erde in leitende Verbindung setzt, unelektrisch, wie große Elektricitätsmengen man ihm auch zuführen möge; durch die leitende Verbindung mit der Erde wird nämlich bewirkt, daß der betreffende Körper nur einen Theil der Gesammtoberfläche der Erde bildet, die zugeführte Elektricität sich also auf der ganzen Erde ausbreiten muß und daher unnachweisbar wird.

Einen Leiter mit einem Flächenelemente von unendlich kleinem Krümmungsradius bildet eine mathematische Spitze. Nun sind wir allerdings nicht im Stande, mathematische Spitzen anzufertigen, können aber immerhin Spitzen erzeugen, die sich jenen mehr oder weniger nähern. An diesen wird die Dichte allerdings nicht unendlich groß sein, diesem Zustande aber je nach der Vollkommenheit der Spitze mehr oder weniger nahe kommen. In jedem Falle ist

die elektrische Dichte auf einer Spitze weitaus größer als auf jedem anderen Theile des mit ihr verbundenen Leiters, wie groß oder klein auch die dem Leiter mitgetheilte elektrische Ladung sein mag.

Man ist keineswegs ausschließlich darauf angewiesen das vorhin ausgesprochene Gesetz über die elektrische Dichte nur auf speculativem Wege abzuleiten, selbes kann vielmehr auch experimentell gefunden werden. Man bedient sich hierzu der **Probescheibchen,** das sind kleine Scheibchen aus Goldpapier,

Fig. 16.

Probescheibchen.

Fig. 17.

Coulomb's Drehwage.

welche an isolirenden Stielen befestigt sind. Berührt man nämlich, Figur 16, einen elektrischen Körper an einer Stelle mit einem solchen Prüfungskörper, der im Verhältnisse zum elektrischen Körper sehr klein ist, so nimmt das Probescheibchen gleichnamige Elektricität von dem elektrischen Körper auf, ohne dessen elektrischen Zustand wahrnehmbar zu verändern. Hierbei erfolgt die Aufnahme der Elektricität genau in demselben Verhältnisse, als die Dichte der Elektricität an den berührten Stellen zunimmt; man kann sich von diesem Verhalten durch Versuche leicht überzeugen. Untersucht man nun mit diesem Probescheibchen, welches man nach jeder Berührung mit dem zu prüfenden Körper in die gleich

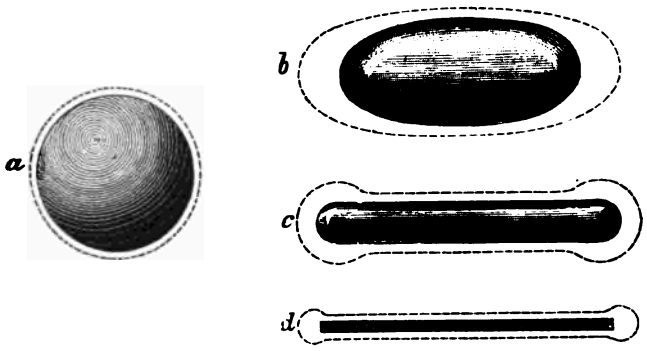
zu beschreibende Drehwage an Stelle der Standkugel bringt, die Körper an verschiedenen Stellen, so findet man in der That jene Vertheilung der Elektricität, welche die theoretische Betrachtung ergeben hat.

Die **Coulomb'sche Dreh- oder Torsionswage** besteht aus einem beiläufig 30 Centimeter hohen Glascylinder, Figur 17, dessen Glasdeckel in seinem centralen, kreisförmigen Ausschnitte ein 60 bis 70 Centimeter hohes Glasrohr trägt. Am oberen Ende des letzteren ist ein getheilter Kreis (Torsionskreis) angebracht, auf welchem die Ablesungsvorrichtung (ein Nonius) spielt. Letztere sitzt an einem cylindrischen Zapfen, der, oben in einen Knopf endigend, den Torsionskreis central durchsetzt. Vom unteren Ende des Zapfens hängt ein Faden oder feiner Draht durch das Rohr in den Cylinder hinab, welcher den Wagebalken trägt. Letzterer besteht aus einem feinen Schellackfaden oder aus einem kurzen Schellackcylinder, der nach beiden Seiten durch Glasfäden verlängert ist. Das eine Ende desselben trägt eine kleine Hollundermarkkugel, das andere ein vertical gestelltes Papier- oder Glimmerscheibchen. Letzteres dient nicht nur als Gegengewicht für die Hollundermarkkugel, sondern auch als Zeiger für die am Cylinderumfange angebrachte Theilung. Die den Cylinder nach oben abschließende Glasplatte besitzt noch eine zweite, seitliche Durchbohrung, durch welche die sogenannte Standkugel, ein durch Kugeln an seinen beiden Enden abgeschlossener Messingdraht, eingeführt werden kann.

Um mit der Torsionswage Messungen auszuführen, hat man dem Apparate zunächst seine Nullstellung zu geben, d. h. man stellt den Nonius auf den Nullpunkt des Torsionskreises und dreht dann das Glasrohr sammt Nonius und Torsionskreis so lange, bis die Kugel des Wagebalkens die Standkugel berührt, ohne daß hierbei der Aufhängefaden irgend eine Drehung (Torsion) erleidet. Wird hierauf die Standkugel elektrisirt, so theilt sie gleichnamige Elektricität der Kugel des Wagebalkens mit und veranlaßt dadurch eine Abstoßung zwischen beiden Kugeln. Der Wagebalken dreht sich um einen bestimmten an der Cylindertheilung ablesbaren Winkel und ertheilt dabei dem Aufhängedrahte eine Torsion. Der Wagebalken kommt zur Ruhe, sobald die Torsionselasticität der zwischen den Kugeln wirkenden elektrischen Abstoßungskraft das Gleichgewicht hält. Dreht man hierauf den cylindrischen Zapfen im Torsionskreise derart, daß die Torsion des Drahtes vermehrt wird, so bewegt sich die Kugel des Wagebalkens um einen bestimmten Winkel gegen die Standkugel. Nun hält die vermehrte Torsion der elektrischen Abstoßung zwischen den weniger weit von einander entfernten Kugeln das Gleichgewicht. Eine neuerliche Drehung des Torsionskreises im vorigen Sinne gibt für eine dritte Stellung der Kugeln gegeneinander die Größe der der elektrischen Abstoßung

entgegenwirkenden Torsionskraft. Vergleicht man nun die Entfernungen der Kugeln voneinander in diesen drei Stadien mit den dazu gehörigen Torsionen, so findet man, daß sich die abstoßenden Kräfte umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Führt man die Versuche in der Weise aus, daß man die beiden Kugeln stets auf dieselbe Entfernung von einander einstellt, aber die wirksamen Elektricitätsmengen ändert, so findet man, daß die Abstoßung der Kugeln proportional dem Producte der auf diesen beiden vorhandenen Elektricitätsmengen stattfindet. Das von Coulomb in solcher Weise gefundene Gesetz lautet sonach: Zwei elektrisirte Punkte ziehen sich an oder stoßen sich ab, proportional dem Producte der auf beiden vorhandenen Elektricitätsmengen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihres Abstandes.

Fig. 18.



Vertheilung der Elektricität.

*

Wie mit Hilfe der Torsionswage und der Probescheibchen die Dichten an verschiedenen Punkten eines elektrischen Körpers bestimmt werden können, bedarf nach Vorstehendem wohl kaum mehr einer weiteren Erklärung. Die Resultate, welche Coulomb in dieser Weise für die Dichte der Elektricität an der Oberfläche einer Kugel, eines Ellipsoides, eines von zwei Kugelabschnitten begrenzten Cylinders und einer kreisrunden Scheibe erhielt, sind graphisch in Figur 18 a, b, c, d dargestellt. Man ersieht auch hieraus, daß die Dichte der Elektricität zunimmt, wenn der Krümmungsradius der betreffenden Fläche

abnimmt. Durch die Dichte der Elektricität wird aber die Spannung, d. h. jene Kraft, mit welcher sich die Elektricität von einem Leiter zu entfernen strebt, bestimmt; die Spannung wächst im quadratischen Verhältnisse mit der Dichte. Es muß also die Gestalt der Oberfläche eines Körpers auf dessen elektrisches Verhalten einen wesentlichen Einfluß nehmen, einen Einfluß der um so kräftiger hervortreten wird, je mehr sich die Krümmungsradien ihren Extremen nähern, wie dies weiter oben bereits angedeutet wurde. Es wurde gesagt, daß man als Leiter mit unendlich großem Krümmungsradius die Erde und als Leiter mit unendlich kleinem Krümmungsradius jede feine Spitze betrachten kann. Jede leitende Verbindung eines beliebigen Leiters mit der Erde macht dessen Oberfläche zu einem Theil der Erdoberfläche, also einer Fläche mit unendlich großem Krümmungsradius und folglich unendlich kleiner Dichte, d. h. mit anderen Worten: Ein mit der Erde leitend verbundener Körper kann keinerlei elektrische Ladung erhalten. Das andere Extrem, die Spitze, veranlaßt gleichfalls eine Reihe höchst merkwürdiger und auch für praktische Zwecke wichtiger Erscheinungen, welche man unter der Bezeichnung Spitzenwirkung zusammenfaßt.

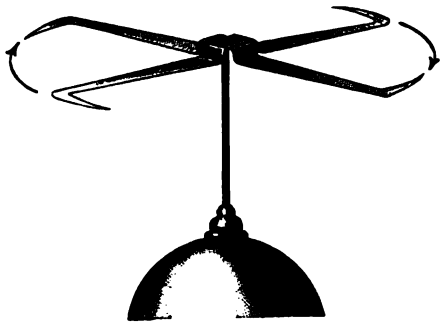
III.

Spitzenwirkung und Influenz.

In einer Spitze ist die elektrische Dichte und folglich auch die Spannung unendlich groß; werden daher einem mit einer Spitze versehenen Leiter starke oder schwache elektrische Ladungen ertheilt, so wird die Spannung auf der Spitze immer eine so bedeutende werden, daß sie den Widerstand, welchen das umgebende Medium, also z. B. die Luft, dem Entweichen der Elektricität entgegensetzt, überwindet und die Elektricität zum Ausströmen bringt. Könnte man einen Körper mit einer mathematischen Spitze versehen, so müßte es ganz unmöglich sein, auf dem Körper irgend welche Elektricitätsmengen zu erhalten. Bei der Anwendung solcher Spitzen, wie wir sie herzustellen im Stande sind, wird aber der damit versehene Körper so viel Elektricität behalten können, daß die Spannung an der Spitze noch hinreicht, Elektricität an die Luft abzugeben. Natürlich wird diese zurückbleibende Elektricität bei einer sehr scharfen Spitze eine so geringe sein, daß man sie in der Regel vernachlässigen kann. Die Ausströmung der Elektricität infolge ihrer Spannung ist häufig mit Lichtentwicklung und mit dem Auftreten eines Luftstromes, des **elektrischen Windes**, verbunden, der in der Richtung von der Ausströmungsstelle weg bläst; bei entsprechender Spannung kann der elektrische Wind so stark werden, daß er Lichtflammen auszulöschen vermag. Das Auftreten des elektrischen Windes, also das Wegschleudern elektrisirter Lufttheilchen, kann auch durch das elektrische Flugrädchen, Figur 19, gezeigt werden. Es besteht aus S-förmig gekrümmten, an den Enden zugespitzten Blechen oder Drähten, welche auf einer verticalen Axe leicht drehbar schweben. Führt man hierauf dem Leiter, auf welchen man das Flugrädchen mit einer leitenden Axe befestigt hat, Elektri-

cität zu, so verbreitet sich diese auch über das Rädchen und erlangt auf dessen Spitzen bald eine solche Spannung, daß die Elektricität heftig ausströmt und die Lufttheilchen in der Richtung der Spitzen zurückstößt. Das Rädchen selbst bewegt sich dann infolge der Reactionswirkung in entgegengesetzter Richtung.

Fig. 19.



Elektrisches Flugrädchen.

Für die Wirkung einer Spitze ist auch deren Stellung auf der Leiteroberfläche von Belang; ihre Wirkung wird verstärkt, wenn man die Spitze an jener Stelle der Leiteroberfläche aufsetzt, welche den kleinsten Krümmungsradius besitzt, weil daselbst die Dichte der Elektricität schon an und für sich eine größere sein muß. Der Einfluß der Stellung der Spitze macht sich namentlich dann geltend, wenn **Influenzerscheinungen** auftreten; aus diesem Grunde und weil Influenzwirkungen auch bei den Gewittererscheinungen eine große Rolle spielen, müssen wir erstere in den Kreis unserer Betrachtungen einbeziehen.

Fig. 20.

Vertheilungsapparat nach Rieß.

In ebenso anschaulicher als bequemer Weise lassen sich die Influenzerscheinungen mit dem in Figur 20 abgebildeten, von Rieß angegebenen Vertheilungsapparate zeigen. An einem Stativ f sind drei horizontale Träger, die mit Ausnahme der Ansätze an ihren beiden Enden aus Glasstäben bestehen, verstellbar befestigt. Der oberste Träger hält einen Messingstab oder hohlen, an beiden Enden abgerundeten Cylinder, welcher an mehreren Stellen mit Hollundermarkkügelchen versehen ist, die an seinen Drähten hängen. Die mittlere Kugel ist am Messingstabe verstellbar und kann dem einen oder dem anderen Ende des Stabes beliebig genähert werden. Der mittlere Arm des Stativs trägt die Glas-

scheibe d und der unterste Arm die Messingkugel e. Gegen den Mittelpunkt dieser Kugel ist der Messingstab a b gerichtet. Die drei Arme werden so gestellt, daß sich Stab, Glasscheibe und Kugel übereinander befinden, jedoch zwischen Scheibe und Stab einerseits und Scheibe und Kugel andererseits ein Zwischenraum befindet, d. h. also, daß sich diese drei Körper an keiner Stelle berühren.

Theilt man nun der Kugel e Elektricität mit, so wird im selben Augenblicke auch der Stab a b elektrisch, was sich durch Abstoßen der Hollundermarkkugeln verräth. Da nun zwischen Kugel und Stab keinerlei Berührung stattfand, vielmehr eine Glasscheibe beide sogar von einander trennt, kann der Stab nicht durch Mittheilung elektrisch geworden sein sondern muß diesen Zustand bloß der Nachbarschaft der elektrisirten Kugel zu verdanken haben. Man nennt diese Art der Elektricitätserzeugung Erregung durch Influenz oder durch Vertheilung und bezeichnet die auf dem Stabe erregte Elektricität dementsprechend als Influenz- oder Vertheilungs-Elektricität. Man beobachtet bei diesem Versuche auch, daß der Stab a b nicht an allen Stellen gleich stark elektrisch geworden ist, denn, indes die Pendel bei a und b eine starke Abstoßung zeigen, wird das Pendel nahe der Mitte des Stabes fast gar nicht abgestoßen. Bewegt man dieses Pendel dem Stabe entlang, so kommt man zu einer Stelle, wo die Abstoßung wirklich gleich Null ist. Daraus folgt aber, daß der Stab an dieser Stelle unelektrisch ist, während die Elektricität an den beiden Enden bei a und b ihre größte Dichte besitzt. Untersucht man ferner, in bereits angegebener Weise, die Art der Elektricität, so findet man die bei a entgegengesetzt und die bei b gleich jener der Kugel e, so daß also a negativ und b positiv elektrisch erscheint, wenn der Kugel e eine positive Ladung ertheilt wurde. In jedem Falle läßt sich auf dem Messingcylinder a b eine mittlere Stelle nachweisen, welche unelektrisch bleibt, und die man aus diesem Grunde die Indifferenzzone nennt.

Alle elektrischen Anzeigen auf dem Cylinder a b verschwinden jedoch im selben Momente, als die Kugel e entladen oder entfernt wird. Dies kann offenbar nur in der Weise erklärt werden, daß sich dann die positive und negative Influenzelektricität vereinigen, weil die sie trennende Kraft (die Anziehungs- beziehungsweise Abstoßungskraft der Elektricität auf der Kugel) zu wirken aufgehört hat. Daraus, daß der Stab hierbei vollkommen unelektrisch wird, muß aber auch geschlossen werden, daß durch Influenz gleiche Mengen von positiver und negativer Elektricität erregt wurden, da nur solche sich gegenseitig neutralisiren können. Um die beiden Influenzelektricitäten sicher zu unterscheiden, nennt man die mit der Elektricität des influenzirenden Körpers ungleichnamige (also von ihm angezogene) influenzirte Elektricität, Influenz-

elektricität erster Art, und die gleichnamige (also abgestoßene) Influenzelektricität zweiter Art.

Ein Leiter kann mit Influenzelektricität einer Art geladen erhalten werden, wenn man nach stattgehabter Influenzirung verhindert, daß sich die beiden Influenzelektricitäten wieder vereinigen.

Man braucht zu diesem Behufe nur den Leiter ab aus zwei von einander trennbaren Hälften anzufertigen. Ist dann durch die Influenzwirkung von e die Trennung der Elektricitäten in Influenzelektricität erster und zweiter Art erfolgt, so nimmt man die beiden Hälften a und b auseinander und erhält so die eine Hälfte mit Influenzelektricität erster, die andere mit Influenzelektricität zweiter Art dauernd geladen, auch wenn hierauf die Kugel e entladen oder entfernt wird. Dieselbe Wirkung erreicht man auch dadurch, daß man den Leiter ab an irgend einer Stelle mit der Erde leitend verbindet. Die Influenzwirkung der elektrischen Kugel e wird sich dann auf den combinirten Leiter, Stab ab und Erde, derart äußern, daß die Influenzelektricität erster Art als ungleichnamige Elektricität in ab durch die Anziehungskraft der Elektricität der Kugel e festgehalten, die Influenzelektricität zweiter Art, als mit der Elektricität der Kugel gleichnamig, von dieser so weit als möglich abgestoßen, d. h. auf die Erdoberfläche getrieben wird. Unterbricht man nach stattgehabter Influenzirung die Verbindung mit der Erde, so muß der Leiter ab offenbar mit Influenzelektricität erster Art geladen zurückbleiben, wenn auch die Kugel e entladen oder entfernt wird.

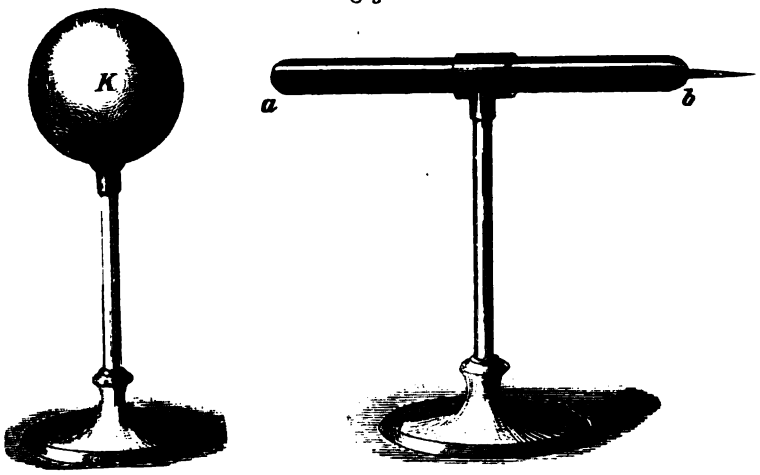
Die Influenzwirkung selbst erklärt man sich aber in nachstehender Weise: Da der Leiter durch bloße Annäherung an einen elektrischen Körper gleichfalls elektrisch wird, ohne daß letzterer Elektricität verliert, bei seiner Entfernung oder Entladung aber sofort wieder unelektrisch erscheint, so schließt man daraus, daß jeder Körper in seinem natürlichen Zustande in allen seinen Theilen beiderlei Elektricitäten in gleicher Menge besitze, nach außen aber deshalb keine Wirkung äußern, d. h. sich nicht elektrisch zeigen könne, weil gleich starke, aber ungleichnamige Elektricitäten sich gegenseitig neutralisiren. Die Erregung der Elektricität durch Influenz besteht also darin, daß der elektrische Körper die beiden Elektricitäten des ihm genäherten Körpers trennt, die ihm gleichnamige abstößt, die ungleichnamige anzieht; letztere wird daher an jener Stelle des genäherten Körpers auftreten, welche dem influenzirenden Körper am nächsten ist, erstere an der entferntesten Stelle.

Wieder zur **Spitzenwirkung** zurückkehrend, haben wir nunmehr den hierbei eintretenden Erscheinungen unter Einwirkung der Influenz unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Versehen wir den Leiter ab, Figur 21, bei b, also an der von der Kugel abgewandten Seite, mit einer Spitze. Wie gestaltet sich

dann die Influenzwirkung? In a wird Influenzelektricität erster Art, in b Influenzelektricität zweiter Art erregt, welch' letztere sich offenbar auch der Spitze mittheilen und auf ihr eine außerordentlich große Dichte erreichen muß. Die Influenzelektricität zweiter Art strömt daher durch die Spitze aus, worin sie noch durch die Abstoßung befördert wird, welche die Elektricität der Kugel als gleichnamige Elektricität ausübt. Der Leiter ab bleibt nach Entfernung der Spitze bei b und nach Entladung der Kugel K mit Influenzelektricität erster Art geladen zurück.

Befestigt man die Spitze bei a, also an dem der Kugel zugewandten Ende, so erhält man den Leiter ab mit Influenzelektricität zweiter Art geladen. Die

Fig. 21.



Wirkung der Spitze bei Influenz-Erscheinungen.

z. B. (+) elektrische Kugel erregt wieder bei a Influenzelektricität erster Art (—) und bei b Influenzelektricität zweiter Art (+). Die Spitze bei a erhält Influenzelektricität erster Art (—) und veranlaßt das Ausströmen dieser (—) Elektricität. Der Leiter ab bleibt nach Entfernung der Spitze und der Kugel mit Influenzelektricität zweiter Art (+) geladen zurück. Dabei zeigt sich aber die beachtenswerte Thatsache, daß die Kugel K in ihrem (+) elektrischen Zustande nicht unverändert geblieben ist, wie dies sonst bei Influenzwirkungen stets der Fall ist, sondern eine Verminderung ihrer Ladung erlitten hat und zwar beiläufig um denselben Betrag, welchen die Influenzelektricität zweiter Art (+) auf dem Leiter ab ausmacht. Eine oberflächliche Betrachtung würde also die ganze Erscheinung so deuten, daß durch die Spitze ein Theil der

(+) Kugelladung auf den Leiter a b herübergesaugt worden ist. Diese Wirkung der Spitzen bezeichnet man daher — wenn gleich, wie wir sehen werden, mit Unrecht — als Saugwirkung der Spitzen. Thatsächlich ist aber der Vorgang folgender: Wegen der außerordentlich großen Dichte der Influenzelektricität erster Art (—) auf der Spitze bei a, strömt diese Elektricität hier aus und bewirkt hierdurch auch eine andere Vertheilung der (+) Elektricität der Kugel. Auf dem der Spitze gegenüber liegenden Punkte der Kugel wird nämlich die Dichte der (+) Elektricität so gesteigert, daß auch hier ein Ausströmen eintritt. Dazu kommt noch folgender Umstand: Das Ausströmen der (—) Elektricität aus der Spitze ist von dem elektrischen Winde begleitet, d. h. die (—) elektrischen Lufttheilchen werden von der Spitze weg gegen die Kugel getrieben. Auf dieser geben sie natürlich ihre (—) Influenzelektricität erster Art ab und neutralisiren dadurch einen Theil der auf der Kugel vorhandenen (+) Elektricität. Aus dieser Erklärung der Spitzenwirkung ergibt sich auch, daß die scheinbare Saugwirkung so lange stattfinden wird, als die Dichte des ihr gegenüber befindlichen elektrischen Körpers groß genug bleibt, um ein Ausströmen von Elektricität an der Spitze hervorzurufen.

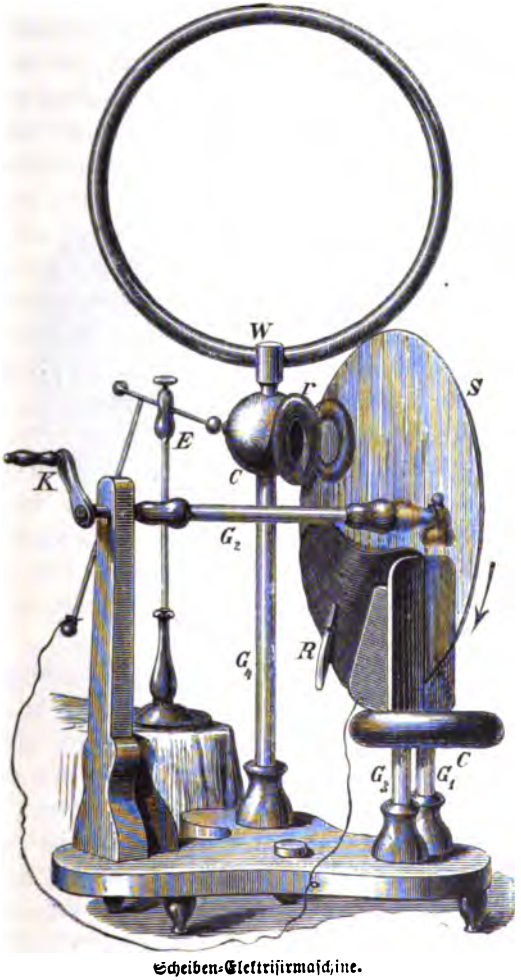
Die Saugwirkung einer Spitze zeigt sich in eclatanter Weise, wenn man eine Spitze mit der Erde in leitende Verbindung setzt (wie dies beim Blitzableiter der Fall ist) und ihr hierauf einen elektrisirten Körper nahe bringt. Auf diesem sinkt dann die Ladung sofort auf ein Minimum herab und läßt sich nicht mehr verstärken, wie viel Elektricität man auch zuführen will. Auf dieser Wirkung der Spitzen beruht die Lösung einer jener Aufgaben, welche ein gut construirter Blitzableiter zu lösen im Stande sein muß.

Wirkungen wie die oben beschriebenen treten jedoch nicht ausschließlich bei Spitzen auf, sondern machen sich, wenngleich in geringerem Grade, auch bei scharfen Kanten geltend, da diese ja auch als Flächen zu betrachten sind, deren Krümmungsradius nach einer Richtung hin außerordentlich klein ist. Ferner zeigen brennende oder glimmende Körper, Flammen und Rauchsäulen zum Theile ähnliche Wirkungen. Die Spitzen, die sich beim Verbrennen eines Körpers bilden, scheinen sogar viel vollkommener zu sein, als die künstlich angefertigten Spitzen, wie dies schon die kräftigere Wirkung der ersteren wahrscheinlich erscheinen läßt. Einen Körper vollkommen unelektrisch zu machen, gelingt am leichtesten dadurch, daß man ihn einigemale über eine Flamme führt. Wirksamer als alle Metallspitzen zeigen sich die Stacheln der Euphorbia-Arten, also natürliche Spitzen.

Das Verhalten der Spitzen wurde, ebenso wie die Influenz, zur Construction von Maschinen benützt, durch welche man im Stande ist, Elektricität in reichlicherem Maße zu entwickeln.

Die gewöhnliche **Scheiben-Elektrisirmaschine** besteht aus einer kreisrunden Glasscheibe S, Figur 22, welche mit Hilfe der Kurbel K zwischen den Reibzeugen (amalgamirten Lederkissen) in Umdrehung versetzt werden kann. Die

Fig. 22.



Scheiben-Elektrisirmaschine.

Kurbel K ist von der Scheibe S durch die Glaswelle G_2 isolirt und die Isolirung der Reibkissen besorgen die Glasfüße G_1 G_3. Die durch die Reibung zwischen den Reibkissen positiv elektrisirten Stellen der Glasscheibe gelangen durch die fortgesetzte Drehung der Scheibe zwischen die Ringe r, welche an dem

auf einer Glassäule G_4 sitzenden Conductor (einer Messingkugel) C befestigt sind. Diese Ringe tragen an ihren der Glasscheibe zugewandten Flächen senkrecht gegen diese gerichtete Metallspitzen. Das Verhalten der positiv elektrischen Scheibe zwischen den Spitzen der Ringe r ist nach dem weiter oben über Spitzenwirkung Gesagten leicht einzusehen. Die positive Elektricität der Scheibe wirkt influenzirend auf den Conductor C, stößt die Influenzelektricität zweiter Art (positive Elektricität) in die Messingkugel C und bringt die Influenzelektricität erster Art (negative Elektricität) an den Metallspitzen zum Ausströmen. Diese Influenzelektricität erster Art neutralisirt die positive Elektricität der Glasscheibe, und diese verläßt bei Fortsetzung ihrer Drehung wieder unelektrisch den Raum zwischen beiden Ringen. Bei continuirlicher Drehung der Scheibe spielt sich der angegebene Proceß natürlich gleichfalls continuirlich ab. Hierbei werden die Reibkissen und der damit verbundene (negative) Conductor C negativ elektrisch. Verbindet man diesen durch einen Draht mit einem sogenannten Funkenzieher oder Entlader E und stellt diesen dem positiven Conductor gegenüber, so tritt der Ausgleich der beiden durch die Bewegung der Maschine erregten Elektricitäten in Form überspringender Funken ein.

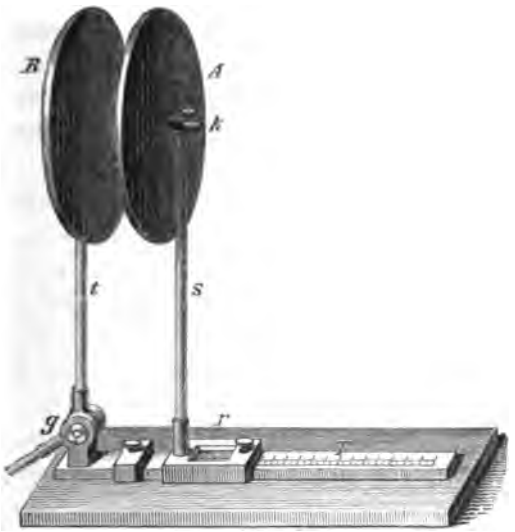
Winter fügte dem positiven Conductor noch einen Holzring W bei, der im Innern mit einer Drahtspirale versehen ist. Versuche haben ihm nämlich gezeigt, daß dieser Ring, der gleichsam die Begrenzung einer Kugel von gleichem Durchmesser darstellt, geradeso wirkt, als ob die ganze Kugel vorhanden wäre, also dieselbe Menge Elektricität aufzuspeichern gestattet, als wenn eine Kugel von gleichem Radius als der des Ringes als Conductor in Verwendung kommen würde.

Eine bedeutende Wirksamkeit zeigen die von W. Holtz, Töpler u. A. construirten **Elektrophor-** oder **Influenzmaschinen.** Sie beruhen im Wesentlichen darauf, daß man in einem Systeme von Leitern und Nichtleitern die ursprüngliche schwache elektrische Ladung eines Theiles des Gesammtapparates auf andere Theile durch Influenz wirken läßt, die hierdurch erregte Influenzelektricität dazu benützt, die ursprünglich ertheilte Ladung zu verstärken, diese verstärkte Ladung abermals influenzirend wirken läßt u. s. w. Diese fortgesetzte gegenseitige Verstärkung der influenzirenden und der influenzirten Elektricität gestattet schließlich eine reichliche Entwicklung von Elektricität, so lange die Maschine überhaupt in Bewegung erhalten wird.

Da die Influenzelektricität aber auch ein geeignetes Mittel darbietet, Elektricität aufzuspeichern, wodurch dann Entladungen von beträchtlicher Kraft ermöglicht werden, so hat man sie ferner dazu benützt, elektrische Ansammlungsapparate zu construiren. Verbindet man nämlich irgend einen Leiter durch einen Metalldraht mit einer Elektricitätsquelle, so kann diese den Leiter nur bis zu

einem bestimmten Grade laden; darüber hinaus ist keine Ladung mehr möglich, sei es deshalb, daß auf dem Leiter bereits eine Spannung gleich jener der Elektricitätsquelle erreicht ist, oder aus dem Grunde, daß die Elektricität auf dem Leiter eine Dichte erlangt hat, welche alle noch etwa dem Leiter zugeführte Elektricität veranlaßt, in das den Leiter umgebende Medium überzutreten. Die Influenz gestattet jedoch, die einem Körper ertheilte Ladung gewissermaßen zu fesseln, ihre Wirksamkeit nach außen hin lahmzulegen und dadurch den Körper zur Aufnahme neuer Ladungen geeignet zu machen. Man kann dies mit Hilfe des Rieß'schen Ansammlungsapparates oder **Condensators** experimentell nachweisen. A und B, in Figur 23, stellen Metallplatten vor,

Fig. 23.



Ansammlungs-Apparat nach Rieß.

welche durch Glassäulen s und t isolirt aufgestellt sind. B, die sogenannte Condensatorplatte, ist am Fuße ihres gläsernen Trägers mit einem Gelenke g versehen, welches gestattet, die Platte B von A weg (nach abwärts, zu drehen. Die Glassäule s der anderen Platte, der sogenannten Collectorplatte A, sitzt auf einem Rahmen r und kann mit diesem auf der Theilung T verschoben werden; die Klemme k dient zur Aufnahme des Drahtes, durch welchen Elektricität zugeführt werden soll. Beide Metallplatten sind von einander durch die dazwischen befindliche Luftschichte isolirt.

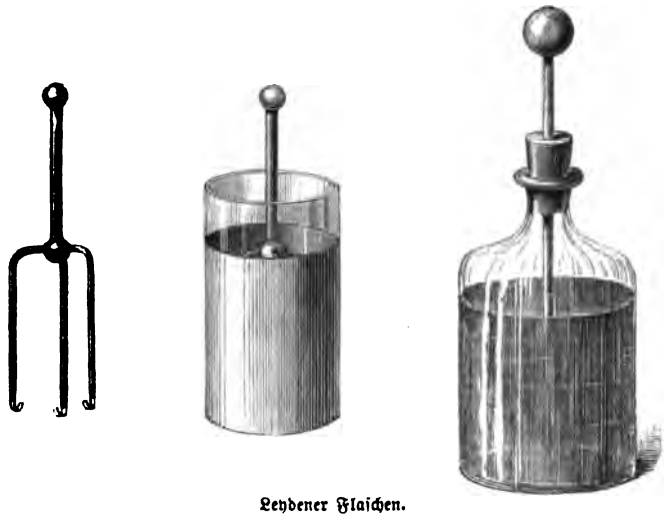
Setzt man bei herabgeschlagener Platte B die Platte A durch einen bei k befestigten Leitungsdraht mit der Elektricitätsquelle in Verbindung, so wird

von dieser auf die Platte so lange Elektricität überströmen, bis deren Dichte auf dem Leitungsdrahte jene der Elektricitätsquelle erreicht hat; da dann die elektrischen Theilchen auf dem Drahte von jenen der Platte ebenso stark abgestoßen werden, als von jenen der Elektricitätsquelle, so hört jede weitere Bewegung auf, d. h. von der Elektricitätsquelle strömt der Platte keine Elektricität mehr zu. Dreht man nun die Platte B in die durch die Figur dargestellte Lage, so wird die elektrisirte Platte A influenzirend auf die Platte B wirken. Ist letztere mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, so wird die auf der Platte B erregte Influenzelektricität zweiter Art zur Erde abfließen und B sich mit Influenzelektricität erster Art laden. Erstere muß aber offenbar auf die Elektricität der Platte A derart zurückwirken, daß sie die Vertheilung ändert. Die Elektricität auf der Platte A wird, der von der Influenzelektricität erster Art auf der Platte B ausgeübten Anziehungskraft folgend, sich mehr auf jener Fläche von A ansammeln, welche der Platte B zugekehrt ist. Auf jener Fläche wird daher die Dichte der Elektricität vermehrt, während sie gleichzeitig auf der anderen Fläche von A abnehmen muß. Da dies auch eine Abnahme der Dichte auf dem an dieser Fläche befestigten Leitungsdrahte zur Folge hat, ist nun die Möglichkeit geboten, daß neuerdings Elektricität von der Elektricitätsquelle durch den Draht zur Platte A überströmt und dadurch die Ladung derselben verstärkt. Diese Verstärkung der Ladung auf A bringt aber auch eine Verstärkung der Influenzwirkung auf B mit sich, und somit wird auch die Influenzelektricität auf dieser Platte verstärkt. Da ferner die verstärkte Influenzelektricität erster Art auch in verstärktem Maße auf die Vertheilung der Elektricität auf der Platte A zurückwirkt, wird neuerdings die Dichte der Elektricität auf der Platte A in analoger Weise wie vorher verändert und daher neuerdings Gelegenheit geboten für eine Verstärkung der elektrischen Ladung von A u. s. w. In dieser Art findet eine immer stärkere Anhäufung von Elektricität auf dem Collector und folglich auch auf dem Condensator statt. Der Proceß läßt sich jedoch keineswegs beliebig lange fortsetzen, da schließlich, trotz der Anziehungskraft der Influenzelektricität erster Art auf der Condensatorplatte, die Elektricität auf dem Collector und auf dem mit ihm in Verbindung stehenden Leitungsdrahte ihre Dichte bis zu jener der Elektricitätsquelle erhöhen muß, somit einer weiteren Ansammlung von Elektricität natürlich ein Ende gesetzt ist. Immerhin kann man aber mit Zuhilfenahme der Influenz einem Leiter bedeutend stärkere Ladungen ertheilen als ohne dieselbe.

Wenngleich der Condensator von Rieß sehr gut für das Studium der Influenzwirkungen geeignet ist, so würde er doch wenig handlich sein, wenn man ihn zur Ansammlung größerer Elektricitätsmengen für weitere Experimente mit

dieſen benützen wollte. Eine hierzu geeignete Form des Condenſators bietet jene, welche ſich unter dem Namen einer **Kleiſt'ſchen** oder **Leydener Flaſche** vielfacher Anwendungen erfreut. In Figur 24 iſt eine ſolche Flaſche von ganz zweckmäßiger und gegenwärtig gebräuchlicher Geſtalt abgebildet. Man nimmt hierzu ein cylindriſches, ſtarkwandiges Glas, das man auf ſeiner Innen- und Außenfläche mit Stanniol überklebt, ſo zwar, daß am oberen Rande ein mäßig breiter Streifen des Cylinders frei bleibt. Dieſen läßt man dann entweder ſo wie er iſt, oder man verſieht ihn wohl auch mit einem Siegellacküberzuge. In den Cylinder hinein wird ein Dreifuß aus Meſſingdraht geſtellt, deſſen untere Enden man zweckmäßig mit Metall-Litzen verſieht, um einen guten

Fig. 24. Fig. 25.



Leydener Flaſchen.

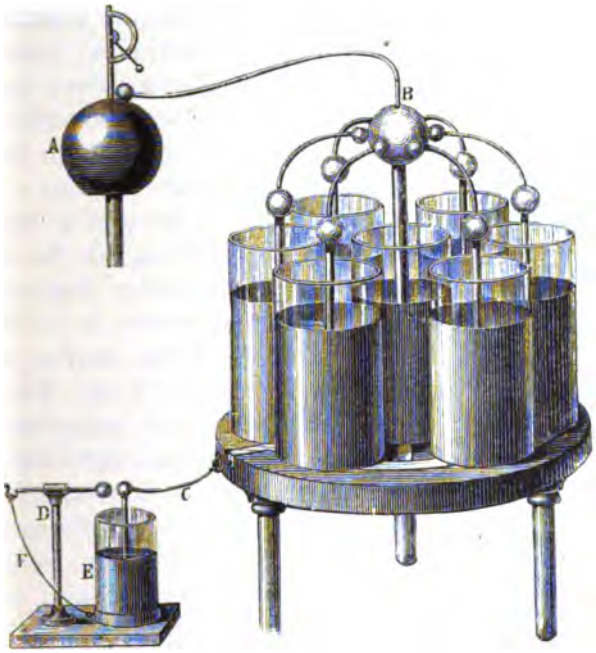
Contact zwiſchen dem Dreifuße einerſeits und der Belegung im Innern des Cylinders andererſeits zu ſichern. Oben vereinigen ſich die horizontalen Theile des Dreifußes in einer Meſſingkugel, die ihrerſeits einen abermals mit einer Meſſingkugel verſehenen Meſſingſtab trägt; dieſe Vorrichtung iſt auf der linken Seite der Figur getrennt von der Flaſche gezeichnet. Durch jedermann leicht anzufertigen ſind Leydener Flaſchen von der in Figur 25 dargeſtellten Form. Man überzieht eine gewöhnliche Medicinflaſche an der Außenfläche mit Stanniol, ſo daß der Hals und das obere Stück des cylindriſchen Theiles frei bleiben; die Innenſeite verſieht man bis zur ſelben Höhe mit irgend einem Metallpulverüberzuge (z. B. mit Eiſenfeile), indem man in die Flaſche eine hinreichende Menge aufgelöſtes arabiſches Gummi bringt und durch entſprechendes

Drehen der Flasche ihre ganze Innenfläche, mit Ausnahme des oben freizulassenden Raumes, benetzt. Dann schüttet man Metallpulver hinein, dreht die Flasche neuerdings und läßt den Ueberschuß des Pulvers wieder herausfallen. Die Innenfläche erscheint dann an allen Stellen, welche durch die Gummilösung benetzt wurden, mit dem Metallpulver überzogen. Ist dieser Ueberzug ausgetrocknet, so verschließt man die Flasche durch einen Korkstöpsel, welchen man in der Mitte durchbohrt hat. In diese Durchbohrung wird dann ein Metalldraht gesteckt, der oben eine Kugel trägt und mit seinem unteren Ende das Metallpulver entweder direct oder durch Vermittlung angeknüpfter Metall-Litzen berührt. Der unbelegte Glasrand kann mit einer Lösung von Siegellack in starkem Weingeist überstrichen werden. Ob nun die Leydener Flaschen in der einen oder anderen Form hergestellt werden, immer vertreten hierbei die innere und die äußere Belegung der Flasche die beiden Platten des Rieß'schen Condensators, während die isolirende Luftschichte des letzteren durch Glas ersetzt ist. Die Ladungsweise einer Flasche ist sonach leicht verständlich; man faßt letztere gewöhnlich bei ihrer äußeren Belegung mit der Hand und bringt die Kugel mit der Elektricitätsquelle in leitende Verbindung. Es fließt dann Elektricität auf die Kugel und durch den Draht derselben auf die innere Belegung der Flasche; die hierdurch auf der äußeren Belegung erregte Influenzelektricität erster Art wird durch die ungleichnamige Elektricität der inneren Belegung festgehalten, die Influenzelektricität zweiter Art fließt von der äußeren Belegung durch die Hand und den menschlichen Körper zur Erde ab; selbstverständlich kann diese Ableitung zur Erde auch durch irgend einen anderen Leiter bewirkt werden. Die Verstärkung der Ladung erfolgt in derselben Weise wie beim Condensator. Man sagt, die Flasche sei positiv geladen, wenn man der inneren Belegung positive Elektricität zugeführt hat, wobei also die äußere Belegung negativ elektrisch werden muß; führt man der inneren Belegung der Flasche negative Elektricität zu und bewirkt dadurch eine positive Ladung der äußeren Belegung, so erhält man eine negativ geladene Flasche.

Die Wirksamkeit einer Flasche nimmt mit ihrer Größe, oder genauer ausgedrückt, mit der Größe ihrer inneren Belegung zu. Man kann daher sowohl dadurch kräftige Wirkungen erhalten, daß man sehr große Flaschen benützt, als auch dadurch, daß man eine größere Anzahl kleinerer Flaschen zu einer elektrischen oder **Flaschenbatterie** zweckentsprechend verbindet. Eine solche Batterie (von 7 Flaschen) ist in Figur 26 dargestellt. Die Platte des auf Glasfüßen ruhenden Tisches ist mit Messingstreifen derart belegt, daß durch diese die äußeren Belegungen sämmtlicher darauf gestellter Flaschen leitend miteinander verbunden sind. Die Verbindung aller inneren Belegungen ist in der Weise bewirkt, daß von den Kugeln der im Kreise stehenden

Flaschen ausgehende Metallbügel an die etwas größere Kugel B der in der Mitte stehenden Flasche angelegt wurden; diese wird, um die Batterie zu laden, durch einen Leitungsdraht mit der Elektricitätsquelle A in Verbindung gesetzt, während eine bei C an die Belegung der Tischplatte angeschlossene Metallkette die Verbindung der äußeren Belegungen der Flaschen mit der Erde herstellt. In der Figur ist jedoch an Stelle dieser Erdleitung ein kleiner Apparat angebracht, welcher zur Messung der Batterieladung dient und den

Fig. 26.



Flaschen-Batterie.

Namen **Lane'sche Maßflasche** führt. Es ist dies eine kleine Leydener Flasche, deren innere Belegung mit den äußeren Belegungen der Batterieflaschen verbunden ist, während von ihrer äußeren Belegung ein Draht F zu einem Funkenzieher führt. Es ist dies ein auf dem Glasfuße D angebrachter, horizontal verschiebbarer Metallstab, der einerseits in einen Ring oder in ein Häkchen zur Aufnahme des Drahtes F endigt, andererseits eine Kugel trägt. Führt man der Flaschenbatterie z. B. positive Elektricität zu, so wirkt diese influenzirend auf die äußere Belegung der Batterie; die negative Influenzelektricität wird zurückgehalten, die positive gelangt durch den Leiter C auf

die innere Belegung der Lane'schen Flasche; daselbst muß sie natürlich wieder influenzirend auf die äußere Belegung wirken, d. h. die Lane'sche Flasche ebenso laden wie jede andere Leydener Flasche. Da aber durch die beiden Kugeln der Lane'schen Flasche die beiden Belegungen dieser Flasche bis auf eine bestimmte Entfernung einander nahe gebracht sind, kann die Flasche nur bis zu jener Dichte geladen werden, welcher die Entfernung der beiden Kugeln von einander als Funkenschlagweite entspricht. So oft die Flasche diese Dichte erreicht, erfolgt durch Ueberschlagen eines Funkens zwischen beiden Kugeln die Entladung. Die von den äußeren Belegungen der Batterieflaschen abfließende Influenzelektricität zweiter Art wird also zur Ladung der Lane'schen benützt und jedesmal bei einer bestimmten Ladung dieser Flasche in dem zwischen den beiden Kugeln überspringenden Funken vernichtet; aus diesem Grunde entfällt bei Anwendung der Lane'schen Maßflasche die Erdleitung für die äußeren Belegungen der Batterieflaschen. Daß aber durch die Anzahl der Ausgleichsfunken in der Maßflasche die mittlere elektrische Dichte gemessen werden kann, ergibt sich in folgender Weise: Die Menge der Influenzelektricität ist unter sonst gleichen Umständen proportional der erregenden Elektricität; somit kann an Stelle der der Batterie zugeführten Elektricität auch die hierdurch erregte Influenzelektricität gemessen werden. Diese dient aber, wie oben erläutert wurde, zur Ladung der Maßflasche, welche sich bei unveränderter Stellung ihrer Kugeln stets bei derselben Stärke ihrer Ladung entladet. Somit kann die Zahl der überschlagenden Funken wirklich als Maß für die mittlere Dichte in der Batterie benützt werden.

Fig. 27.

Elektroskop mit Condensator.

Von dem Verhalten des Condensators macht man auch in jenen Fällen Anwendung, in welchen es sich darum handelt, sehr schwache Elektricitätsquellen zu messen. Man versieht zu diesem Behufe das Goldblatt-Elektroskop, Figur 27, mit einer Metallplatte, welche auf ihrer Fläche gut abgeschliffen und mit einer dünnen Schichte von Schellackfirniß überzogen ist; auf diese Platte paßt eine genau gleiche mit einem isolirenden Griffe versehene Platte; beide Platten aufeinandergesetzt bilden dann einen Condensator, in welchem

die beiden Metallplatten durch deren Schellackschichten von einander isolirt sind. Bringt man die untere (Collector-) Platte mit der zu prüfenden schwachen Elektricitätsquelle in Verbindung, während man die obere (Condensator-) Platte gleichzeitig mit dem Finger ableitend berührt, so wird der Condensator ganz in derselben Weise geladen, wie dies oben angegeben wurde. Entfernt man hierauf den Finger von der oberen, die Elektricitätsquelle von der unteren Platte und hebt die obere ab, so wird die bis dahin gebundene Elektricität der unteren Platte frei, verbreitet sich über die Goldblättchen und veranlaßt sie zu einer Divergenz, welche durch die Elektricitätsquelle direct gar nicht oder doch nur in bedeutend geringerem Maße zu bewirken möglich gewesen wäre.

IV.

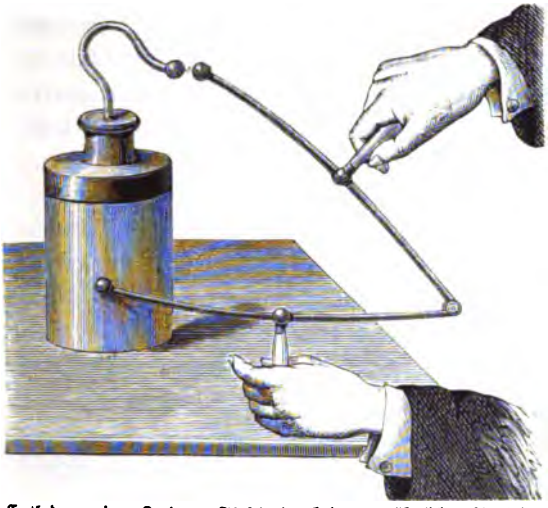
Entstehung elektrischer Ströme.

Ein elektrischer Körper kann auf ein Elektroskop wirken oder wohl auch auf einem benachbarten Leiter Influenzelektricität erregen — aber im Allgemeinen sind die Wirkungen, welche ein solcher Körper auf seine Umgebung ausüben kann, sehr geringfügige; sie werden jedoch sehr mannigfaltige, sobald der Körper seinen elektrischen Zustand nicht unverändert beibehält, sondern in einer oder der anderen Weise ändert. Setzt man z. B. einen elektrischen Körper durch einen Leitungsdraht mit der Erde in Verbindung so verliert ersterer vollständig seine elektrische Ladung, da diese sich, wie bereits weiter oben erwähnt, über den Leitungsdraht und die ganze Erde, einem, im Vergleiche zu unseren Apparaten unendlich großen Körper, verbreitet. Die Elektricität hat sich hierbei offenbar von dem elektrischen Körper über den Leitungsdraht zur Erde bewegt; einen derartigen Vorgang nennt man elektrischen Strom, oder, da hierbei der elektrisirte Körper seine Elektricität verliert, einen **Entladungsstrom**. Ein solcher tritt auch dann ein, wenn man einen unelektrischen Körper mit einem elektrischen in Verbindung setzt, wobei letzterer einen größeren oder geringeren Theil seiner ursprünglichen Ladung verliert.

Ein Entladungsstrom oder **Entladungsschlag** erfolgt auch, wenn man die beiden Belegungen einer geladenen Kleist'schen Flasche miteinander verbindet. Es strömen hierbei die beiden ungleichnamigen Elektricitäten infolge ihrer gegenseitigen Anziehung gegeneinander und werden unter Erscheinung eines Funkens neutralisirt. Der Entladungsstrom ist also ein Doppelstrom (wie beim geschlossenen galvanischen Elemente), in welchem die positive Elektricität in der einen, die negative in der entgegengesetzten Richtung sich bewegt. Dieser

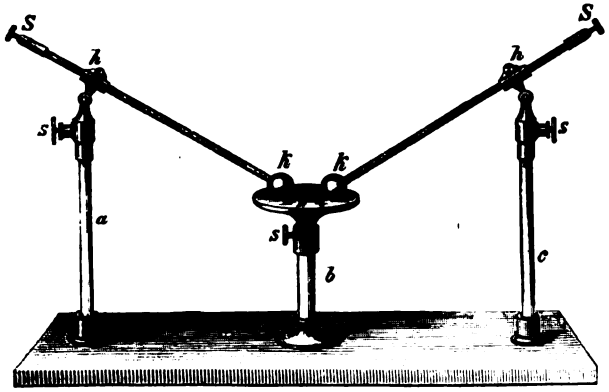
Doppelstrom ist jedoch keine Eigenthümlichkeit der Entladung Kleist'scher Flaschen, sondern tritt in jedem elektrischen Strome auf, also auch dann, wenn man

Fig. 28.



Entladung einer Leydener Flasche durch den gewöhnlichen Auslader.

Fig. 29.



Henley's allgemeiner Auslader.

einen elektrisirten Körper dadurch entladet, daß man ihn mit der Erde in leitende Verbindung setzt. Es muß nämlich der Herstellung der Verbindung eine Annäherung des Verbindungsgliedes an den elektrischen Körper vorhergehen, und jede solche Annäherung ruft Influenzelektricität hervor, von welcher die zweite Art zur Erde abfließt, die erste Art aber im Verbindungsgliede

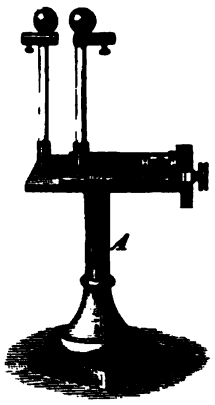
bleibt, bis sie sich durch weitere Annäherung des Verbindungsgliedes an den elektrischen Körper mit der entgegengesetzten Elektricität dieses Körpers unter Auftreten eines Funkens vereinigt. Obwohl also bei jeder Art elektrischer Entladung negative Elektricität in der einen, positive Elektricität sich in der entgegengesetzten Richtung bewegt, spricht man doch der Kürze wegen in der Regel nur von einem elektrischen Strome und betrachtet für dessen Richtung die Bewegungsrichtung der positiven Elektricität als maßgebend. Die Gesammtheit jener Körper, über welche der Entladungsstrom erfolgt, nennt man den Schließungsbogen.

Will man eine Leydener Flasche oder eine Batterie entladen, so hat man, wie bereits erwähnt, die äußere und innere Belegung miteinander in leitende Verbindung zu setzen. Man bedient sich hierzu eines sogenannten Ausladers, etwa von der Form, wie ihn Figur 28 zeigt. Dieser einfache Entlader besteht aus zwei miteinander drehbar verbundenen Metallstäben, welche an ihren freien Enden kleine Messingkugeln tragen. Zum Anfassen des Entladers dienen zwei gläserne Handhaben an den Schenkeln, die wohl auch durch eine solche Handhabe am Gelenke des Entladers ersetzt sein können. Die Verwendung zur Entladung einer Flasche ist leicht aus der Figur zu ersehen. Will man jedoch nicht nur eine Flasche entladen, sondern die Wirkungen des Entladungsstromes auf verschiedene Körper prüfen, so eignet sich zu diesem Zwecke besser **Henley's allgemeiner Auslader.** Auf einem Holzbrette, Figur 29, sind drei Glasröhren a, b und c vertical befestigt, von welchen die beiden äußeren die Arme des Entladers tragen; die mittlere (b) bildet mit einer runden Platte ein Tischchen, das zum Auflegen jener Körper dient, durch welche die Entladungsschläge gehen sollen. Tischchen und Arme können höher oder tiefer gestellt werden, da sowohl ersteres als auch letztere nicht unmittelbar an den betreffenden Glasröhren, sondern an Metallstäben befestigt sind, welche man in die Röhren einschiebt und durch Klemmschrauben s in der gewünschten Höhe feststellt. Die Metallstäbchen in den Röhren a und c besitzen an ihren oberen Enden Gelenke, um welche die Hülsen h und mit ihnen die durchgeschobenen Arme in verticaler Ebene drehbar sind. Die Arme des Entladers können durch Verschieben in den Hülsen h einander genähert oder von einander entfernt werden und haben an den einander zugewandten Enden Schraubengewinde eingeschnitten, mittelst welcher Kugeln k oder auch Spitzen oder Platten befestigt werden können. Die anderen Enden der Entladerarme tragen Ringe oder Klemmschrauben S zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte.

Ein in den Schließungsbogen gleichfalls häufig eingeschalteter Apparat ist das **Funkenmikrometer** nach Rieß, durch welches die Schlagweite der Funken gemessen werden kann. Es besteht aus einem schweren Metallfuße A,

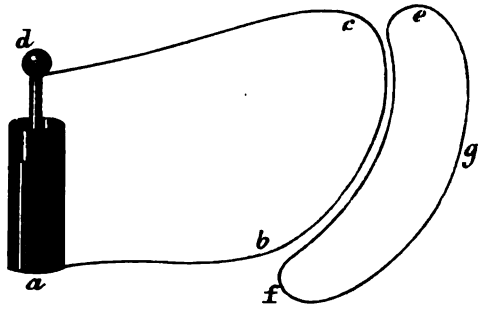
Figur 30, auf welchem eine Metallplatte horizontal befestigt ist. Letztere trägt einerseits eine verticale Glassäule, die an ihrem oberen Ende mit einem verticalen Metallzapfen und einer horizontalen Klemmschraube zur Aufnahme eines Zuleitungsdrahtes versehen ist, andererseits einen auf der Platte verschiebbaren Schlitten. Die zweite verticale Glassäule, an ihrem oberen Ende ebenso wie die erste beschaffen, ist auf dem Schlitten befestigt. Die verticalen Zapfen an den oberen Enden der Säulen dienen zum Aufstecken von Kugeln und dergleichen. Die Bewegung des Schlittens wird durch eine sehr feine Schraube (Mikrometerschraube) bewirkt und die Größe der Verschiebung an der Theilung abgelesen.

Fig. 30.



Funkenmikrometer von Riess.

Fig. 31.



Inductionsstrom.

Nach dieser Abschweifung wieder zu den Entstehungsarten des Entladungsstromes zurückkehrend, erinnern wir uns, daß ein influenzirter Körper wieder unelektrisch wird, sobald man den influenzirenden Körper entfernt oder entladet; es tritt somit auch in dem influenzirten Körper ein Entladungsstrom auf, der übrigens dadurch sichtbar gemacht werden kann, daß man den influenzirten Körper an einer Stelle unterbricht. Es wird dann im selben Momente, in welchem der elektrische Körper entladen wird, an dieser Unterbrechungsstelle der Ausgleichsfunke der Influenzelektricitäten erscheinen. Einen solchen Strom, der übrigens ganz dieselben Erscheinungen hervorrufen kann wie z. B. der Entladungsstrom einer Leydener Batterie, nennt man einen **elektrischen Rückschlag.** In dieser Weise erklärt es sich auch, daß Personen, die sich nahe bei einem Schließungsbogen befinden, durch welchen kräftige Entladungen erfolgen, einen schwachen Schlag verspüren, auch wenn sie mit

dem Bogen in gar keiner Berührung stehen. Die beiden Influenzelektricitäten werden nämlich, bevor der Entladungsschlag erfolgt, im menschlichen Körper von einander getrennt und vereinigen sich dann plötzlich im selben Momente, in welchem die Entladung durch den Schließungsbogen erfolgt. Es mag schon an dieser Stelle, vorgreifend einer späteren Erörterung, bemerkt werden, daß der Rückschlag auch infolge der Entladung elektrischer Wolken unter sich, gegen einen Blitzableiter oder überhaupt gegen die Erde eintreten und dann ebensolche Zerstörungen anrichten kann wie der Blitzstrahl selbst. Auf diesen Umstand ist daher bei der Construction und Anlage von Blitzableitern entsprechend Rücksicht zu nehmen.

Der Entladungsstrom irgend einer Elektricitätsquelle kann noch auf eine zweite Art in einem benachbarten Leiter, der mit dem Schließungsbogen der Elektricitätsquelle in gar keiner Verbindung steht, Ströme hervorrufen. Jeder elektrische Entladungsstrom veranlaßt nämlich in einem benachbarten Leitersysteme einen elektrischen Strom, vorausgesetzt, daß dieses System einen geschlossenen Leiterkreis darstellt. Dies ist z. B. bei dem in Figur 31 dargestellten Schema der Fall. Sobald durch den Schließungsbogen b c der Leydener Flasche a d der Entladungsstrom erfolgt, tritt auch in dem, in sich geschlossenen Leiter e f g ein Strom auf, dessen Richtung und Stärke unter sonst gleichen Umständen von der Richtung und Stärke des Entladungsstromes im Schließungsbogen der Leydener Flasche bestimmt wird. Auf solche Weise im Nebenleiter erregte Ströme nennt man **inducirte** oder **Inductionsströme**; sie können dieselben Wirkungen hervorbringen wie die inducirenden Entladungsströme. Auch auf die Entstehung dieser Inductionsströme muß bei der Anlage von Blitzableitern Rücksicht genommen werden, da Nebenstromkreise in unbeabsichtigter Weise durch eine Reihe von Metallgegenständen gebildet werden können.

Ebenso wie durch die Entladungsschläge einer Leydener Flasche können auch durch galvanische Ströme Inductionsströme hervorgerufen werden; denkt man sich in Figur 31 die Leydener Flasche durch ein galvanisches Element ersetzt, so entsteht, wie Faraday im Jahre 1831 zuerst nachgewiesen hat, in e f g stets ein Inductionsstrom, so oft der Stromkreis b c des galvanischen Elementes geschlossen oder unterbrochen wird. Inductionsströme entstehen aber auch dann, wenn man einen stromdurchflossenen Leiter einem zweiten Leiter nähert oder von ihm entfernt, also durch Bewegungen stromloser und stromdurchflossener Leiter von einander oder gegeneinander. Eine nähere Untersuchung der Inductionsströme ergab folgende Resultate:

1. Schließt man den Stromkreis einer Batterie, so wird im benachbarten Leiter ein Inductionsstrom hervorgerufen, dessen Richtung jener des Batteriestromes entgegengesetzt ist.

2. Ein gleichgerichteter Inductionsſtrom entſteht, wenn man den (inducirenden) Batterieſtrom unterbricht.

3. Werden ein Strom und ein Leiter einander genähert, ſo entſteht im letzteren ein Strom entgegengeſetzter Richtung, und

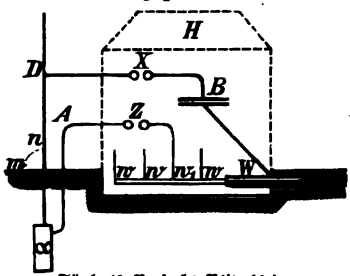
4. werden dieſe beiden von einander entfernt, ſo entſteht im Leiter ein Strom gleicher Richtung.

Beſitzt der Schließungsbogen für einen Entladungsſtrom Verzweigungen, ſo findet die Entladung nicht nur durch den Hauptſchließungsbogen ſtatt, ſondern auch durch dieſe Verzweigungen. Man bezeichnet die in den Verzweigungen auftretenden Entladungsſtröme als **Seitenentladungen.** Dieſe Seitenentladungen, welche verſchieden ſtark ſind je nach der Stärke der Hauptentladung und der Anordnungsweiſe der Zweigleitung, können auch bei fehlerhaft angelegten Blitzableitern entſtehen. Hier kann es nämlich geſchehen, daß mehr oder minder geſchloſſene Metallmaſſen in der Nachbarſchaft der Blitzleitung eine unbeabſichtigte Zweigleitung bilden. Wie wichtig eine Rückſichtnahme auf derartige Verhältniſſe iſt, erhellt klar aus Verſuchen, welche A. Töpler in jüngſter Zeit durchgeführt hat. Dieſe geben überdies wichtige Fingerzeige über die Art und Weiſe, wie eine Ableitung zur Erde, eine ſogenannte Erdleitung, beſchaffen ſein muß, um ihrer Beſtimmung zu genügen.

Töpler's Verſuchsleitung beſtand aus einem 60 Meter langen Kupferdrahtſeile D, Figur 32, welches an der Außenſeite des Dresdener Polytechnicums H durch eiſerne Stützen ohne Iſolation am Mauerwerke befeſtigt war. Das Drahtſeil führte zu einem beiläufig 15 Meter vom Gebäude entfernten Brunnen, in welchem das Grundwaſſer zur Zeit der Verſuche ſo hoch ſtand, daß ſelbſt große mit dem Drahtſeile verſchraubte und verlöthete Platten a vollkommen in Waſſer eingetaucht werden konnten. Als Elektricitätsquelle diente eine Leydener Batterie B, beſtehend aus 74 Flaſchen von zuſammen mehr als 12 Quadratmeter Batteriefläche. Die äußere Belegung ſtand durch ſehr dicke Kupferdrähte mit dem 12 Centimeter ſtarken Hauptrohre der Waſſerleitung unmittelbar an ihrer Eintrittsſtelle W ins Gebäude in Verbindung. Von der inneren Belegung führte eine Leitung zu einer Meſſingkugel X, der eine ebenſolche Kugel in einer Entfernung von 10 Millimeter gegenüberſtand. Die Verbindung zwiſchen der zweiten Kugel und der Verſuchsleitung D ſtellte ein kurzer Metallanſatz her. Seitlich bei a war unterhalb des Waſſerſpiegels ein mit Guttapercha iſolirter Zweigdraht A angelöthet, welcher dem Drahtſeile D gegenüber im Brunnen aufſtieg und in der einen Kugel eines Mikrometers bei Z endigte; die zweite Mikrometerkugel wurde mit irgend einem von dem Hauptſtromkreiſe entfernten Theile w, der Waſſerleitung verbunden. Den Hauptſtromkreis bildete alſo die von der inneren Belegung der Batterie B

ausgehende, über X, D und a zur Erde geführte Leitung und die von der äußeren Belegung der Batterie zum Hauptrohre W der Wasserleitung, also gleichfalls zur Erde geführte Leitung. Die Zweigleitung bestand aus den vom Funkenmikrometer Z ausgehenden Drähten, die einerseits über die Platte a, andererseits über ein Zweigrohr w_1 der Wasserleitung zur Erde führten. So oft nun durch Entladung der Batterie B ein Entladungsstrom durch die Hauptleitung gesandt wurde, trat stets auch ein Zweigstrom in der Zweigleitung auf, der in einem Funken am Mikrometer Z sichtbar wurde. Die Schlagweite dieses Funkens variirte zwischen 0·5 und 3·3 Millimeter und war am kleinsten, wenn bei a eine 2 Quadratmeter große, vollkommen vom Wasser bedeckte Platte angebracht war, am größten, wenn das Ende des Drahtseiles D mit einer blanken 10 Millimeter starken Eisenstange verbunden wurde, die man beiläufig 1·4 Meter tief in den feuchten Gartenboden eingesenkt hatte. Die Schlagweite des Funkens in der Zweigleitung (bei Z) betrug also ungefähr $^1/_{20}$ bis $^1/_3$ jener des Funkens im Hauptschließungsbogen (bei X), woraus sich die Stärke des Nebenstromes als eine relativ beträchtliche ergiebt. Bedenkt man ferner, daß der Blitzstrahl weitaus kräftigere Entladungen darstellt als jene der zu den Versuchen angewandten Leydener Batterie, so muß man daraus schließen, daß der hierbei auftretende Zweigstrom eine Stärke erlangen kann, die hinreicht, um die größten Zerstörungen anzurichten. Der Umstand, daß der schwächste Zweigstrom erhalten wurde, als die Hauptleitung D in einer 2 Quadratmeter großen Platte unter Wasser endete, der stärkste Zweigstrom, als eine Eisenstange in feuchter Gartenerde das Ende der Hauptleitung bildete, lehrt, daß die Gefahr starker Seitenentladungen unter sonst gleichen Umständen in demselben Maße zunimmt, als die Verbindung der Hauptleitung mit der Erde, die sogenannte Erdleitung, unvollkommener wird. Obwohl eine eingehendere Erörterung dieser Verhältnisse uns weiter unten noch beschäftigen soll, möge doch schon an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, wie wichtig es ist, bei Anlage von Blitzableitern auf alle diese Umstände das sorgfältigste Augenmerk zu richten.

Fig. 32.



Töpler's Versuchs-Blitzableiter.

Töpler dehnte seine Versuche auch auf die Blitzableiter-Anlage des Dresdener Polytechnicums aus, eines Gebäudes, daß auf einer rechteckigen Grundfläche von beiläufig 600 Quadratmeter zwei durch einen Mitteltract getrennte Höfe umschließt und ein auf den Dächern gut metallisch verbundenes

Blitzableitersystem mit 12 starken verticalen Ableitern aus Kupfer besitzt; die acht älteren Ableiter reichen nicht sehr tief in den Erdboden, während die vier neueren mit Erdplatten von 1 Quadratmeter im Grundwasser ausgerüstet sind; die Gas- und Wasserleitungen stehen außer jeder Verbindung. Die Ableitung der äußeren Batteriefläche war dieselbe wie jene der vorbeschriebenen Versuche; die innere Belegung wurde mit einem verticalen Ableiter nahe dem Boden verbunden. Bei dieser Anordnung erzeugten die Batterieentladungen selbst an vom Anschlußpunkte entfernten Stellen des Blitzableitersystemes Funken in einer Zweigleitung, die durch Verbindung einer solchen Stelle, z. B. im zweiten Hofe, mit der Wasserleitung im Gebäude hergestellt wurde. Besaßen auch die zwischen Kupferspitzen erhaltenen Funken des Zweigstromes nur eine geringe Schlagweite, so waren sie doch laut und hell und schmolzen die Kupferspitzen. Die Einschaltung des Körpers an Stelle des Funkenmikrometers bewirkte sehr merkliche Erschütterungen. Auch diese Versuche zeigen, von welcher Wichtigkeit die Beachtung der Zweigleitungen ist, da solche ja auch zufällig vorhanden sein oder entstehen können. Sie lassen ferner erkennen, daß eine Seitenentladung, d. h. ein Abspringen des Blitzes vom Blitzableiter nur in der Weise zu vermeiden ist, daß man jede irgendwie bedeutende Metallmasse innerhalb des zu schützenden Gebäudes oder in dessen nächster Umgebung mit der Blitzleitung in gut leitende Verbindung setzt.

V.

Die Wirkungen des elektrischen Stromes.

1. Die chemischen Wirkungen.

Nachdem im Vorstehenden gezeigt wurde, auf welche Art Entladungsströme zustande kommen können, haben wir uns nunmehr mit den Wirkungen der Entladungsströme zu beschäftigen; man unterscheidet dieselben in mechanische, Wärme- und Lichtwirkungen, elektrische, magnetische, chemische und physiologische Wirkungen.

Die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes mögen uns zuerst beschäftigen, da sie uns das Verständniß einer Elektricitätsquelle ermöglichen, mit deren Hilfe namentlich Planté Experimente ausgeführt hat, welche geeignet erscheinen, die Natur und Wirkungsweise des Blitzes und andere Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität einer befriedigenden Erklärung näher zu bringen. Die chemischen Wirkungen sind zweifacher Art: es können durch die Einwirkung des Stromes einerseits chemische Verbindungen in ihre Bestandtheile zerlegt, andererseits neue chemische Verbindungen gebildet werden. Der Entladungsstrom zersetzt, durch Wasser geleitet, dieses in seine beiden Bestandtheile Wasserstoff und Sauerstoff; das Gemenge dieser beiden Gase ist Knallgas. Läßt man durch Knallgas den elektrischen Funken schlagen, so verbinden sich Wasserstoff und Sauerstoff wieder zu Wasser. Führt man die von einer Elektricitätsquelle ausgehenden Drähte, wohl isolirt von einander, in eine Kupfervitriollösung, so überzieht sich das negative Drahtende mit einer Kupferschichte, während an dem positiven Ende Schwefelsäure abgeschieden wird. Der elektrische Strom zersetzt dabei das Kupfersalz in seine beiden Bestandtheile, Kupfer und Schwefelsäure.

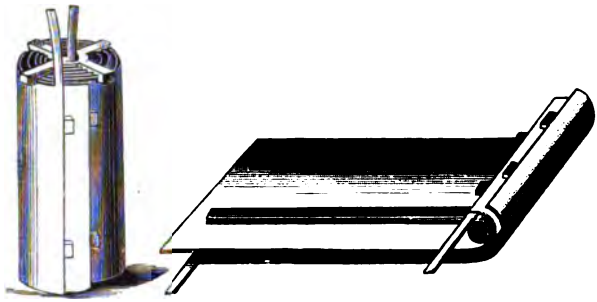
Führt man die Wasserzersetzung in der Weise aus, daß man den galvanischen Strom unter Vermittlung zweier Platinbleche durch das Wasser leitet, so überzieht der an der positiven Elektrode ausgeschiedene Sauerstoff als dünne Schichte die positive Platinelektrode, der Wasserstoff die negative. Verbindet man hierauf die beiden Platinelektroden untereinander (mit Ausschluß der früher als Stromquelle benützten galvanischen Elemente), so hat man in diesem Schließungsbogen selbst wieder ein galvanisches Element, bestehend aus einer Wasserstoff- und einer Sauerstoffplatte in Wasser, welches durch den Schließungsbogen einen Strom sendet, dessen Richtung entgegengesetzt ist jener, welche der ursprüngliche Strom besaß. Auch der neue Strom zersetzt wieder das Wasser, scheidet aber seiner umgekehrten Richtung wegen den Sauerstoff an der Wasserstoffplatte (also an jener Platte, an welcher ursprünglich Wasserstoff abgeschieden wurde), den Wasserstoff an der Sauerstoffplatte ab. Auf beiden Platten verbinden sich dann die durch den zweiten Strom abgeschiedenen Gase mit den durch den ursprünglichen Strom abgesonderten zu Wasser, woraus sich von selbst ergibt, daß der zweite Strom erlöschen muß, sobald durch die Zersetzungswirkung dieses Stromes die durch den ursprünglichen Strom ausgeschiedenen Gase aufgezehrt sind.

Durch Einleitung eines galvanischen Stromes in einen Zersetzungsapparat (in ein **Voltameter**) ist also eine derartige Veränderung der Platinelektroden bewirkt worden, daß nun das Voltameter selbst sich in ein galvanisches Element verwandelte; dieses zweite Element ist also durch die Thätigkeit der ersten Elemente entstanden, und deshalb nennt man die ersteren oder die galvanischen Elemente überhaupt **Primär-Elemente,** das letztere ein **Secundär-Element** (weniger richtig auch Accumulator Ansammlungsapparat).

Das eben erläuterte, der Herstellung von Secundär-Elementen zugrunde liegende Princip wurde von Planté in nachstehender Weise praktisch verwertet. Zwei mit Fahnen (Ableitungsstreifen) versehene Bleiplatten werden mit Zwischenschaltung von Gummistreifen aufeinandergelegt und dann gleich einer doppelten Papierrolle zusammengerollt, Figur 33; sie ersetzen die beiden Platinelektroden des früher betrachteten Secundär-Elementes. Um die so erhaltene Bleidoppelrolle zusammenzuhalten, wird sie mit einem Ebonitkreuze versehen, dann stellt man sie in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäß aus Glas und verschließt dieses durch einen Deckel. Letzterer besitzt einige Oeffnungen, um die Bleifahnen durchzulassen und den sich entwickelnden Gasen freien Abzug zu gestatten. Man befestigt auf dem Deckel häufig noch zwei Metallzangen A A, Figur 34, in welche ein Platindraht F eingespannt und durch die Entladung des Secundär-Elementes zum Glühen gebracht werden kann. Die Bleifahnen G, H, also auch die beiden Bleiplatten, sind

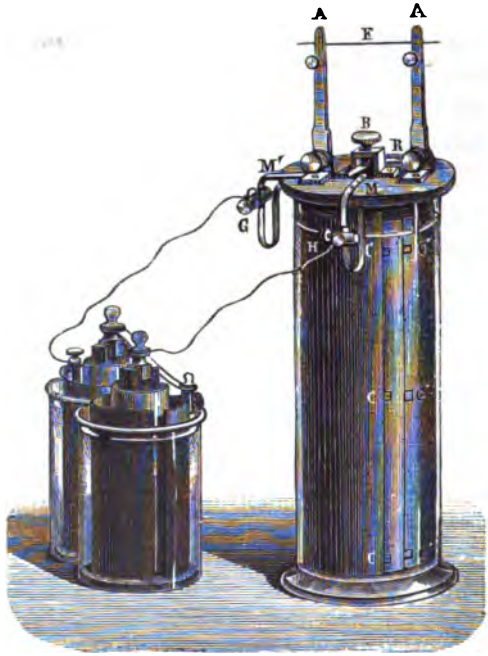
mit Metallſtreifen M M' in leitende Verbindung geſetzt, deren erſter zu einer der beiden Zangen führt, deren zweiter unter einer mit der zweiten Zange

Fig. 33.



Planté-Element.

Fig. 34.



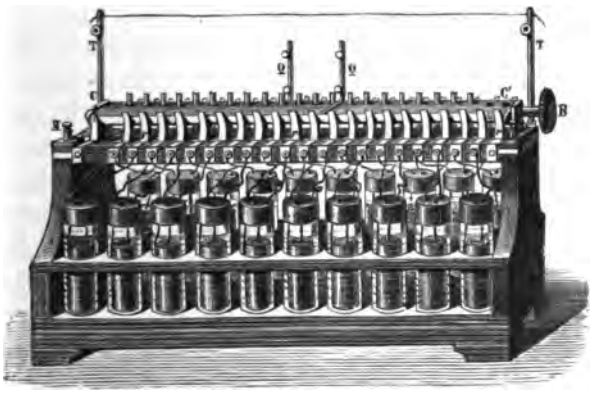
Planté-Element.

verbundenen Feder R endigt. Wird die Schraube B herabgedreht, ſo iſt auch die Bleifahne H mit der betreffenden Zange verbunden. Die Streifen G und H tragen zwei Klemmen, um die Poldrähte der galvaniſchen Elemente

aufzunehmen, welche zur Ladung des Secundärelementes benützt werden sollen; hierzu genügen z. B. zwei Bunsen-Elemente.

Die Wirkungsweise eines solchen Secundär-Elementes läßt sich der Hauptsache nach in folgender Weise erklären. Der Strom der Primär-Elemente zersetzt das Wasser des Secundär-Elementes in Wasserstoff und Sauerstoff, ersteren an der negativen, letzteren an der positiven Bleiplatte abscheidend. Der Sauerstoff an der positiven Bleiplatte oxydirt diese an ihrer Oberfläche und bedeckt sie mit einem braunen Ueberzug von Bleisuperoxyd; die negative Bleiplatte (an welcher der Wasserstoff abgeschieden wird) bleibt blank. Verbindet man nun beide Platten durch einen Draht, so fließt durch diesen

Fig. 35.



Planté-Batterie.

ein Strom, hervorgerufen durch ein Element, welches aus Bleisuperoxyd, Blei und verdünnter Schwefelsäure besteht. In diesem Elemente geht nun der Strom umgekehrt wie bei der Ladung, weshalb jetzt der Wasserstoff an der Bleisuperoxydplatte abgeschieden wird und auf diese reducirend (Sauerstoff entziehend) wirkt; dadurch wird also das Bleisuperoxyd wieder in Blei zurückverwandelt. Das Ende dieser Umwandlung bedeutet auch das Ende des Stromes: das Secundär-Element ist entladen.

Die Secundär-Elemente können wie die Primär-Elemente zu Batterien vereinigt werden; eine derartige Secundär-Batterie zu 20 Elementen stellt Figur 35 dar. Zu ihrer Ladung genügen zwei Bunsen-Elemente vollständig, während die geladene Secundär-Batterie dann einen Strom liefern kann, dessen Spannung jener von ungefähr 30 Bunsen-Elementen entspricht. Eben darin, d. h. also in der Umwandlung von Strömen geringer Spannung in

solche von sehr hoher Spannung, liegt der Wert der Secundär-Elemente für jene Versuche, welche weiter unten noch ausführlich angegeben werden sollen. Mit den elektrischen Strömen verhält es sich nämlich in mancherlei Hinsicht geradeso wie mit Wasserläufen. Hier wie dort muß zweierlei unterschieden werden, nämlich die Masse oder Quantität und der Druck oder die Spannung. Will man einen Wasserstrahl hoch in die Lüfte springen lassen, so muß das zum Ausfluß gelangende Wasser von einem hochgelegenen Reservoir herabkommen, es muß hohen Druck haben. Die Menge des Wassers in diesem Reservoir ist für die Höhe des Springbrunnens vollkommen gleichgiltig; durch die Menge wird nur die Zeitdauer bestimmt. Soll hingegen ein großes Wasserrad in Bewegung gesetzt werden, so muß das Wasser in verhältnißmäßig großer Masse zum Rade gelangen, während es von keiner so hoch gelegenen Stelle herabzufließen braucht. Ein dünner Wasserstrahl, und spränge er thurmhoch, wird das Wasserrad nie in Bewegung setzen, ebenso wenig wie der mächtigste Fluß auch nur den dünnsten Wasserstrahl in die Höhe zu schleudern vermag. Hebt man jedoch das Flußwasser auf irgend eine Art in ein höher gelegenes Reservoir, dann kann ein Wasserstrahl, von diesem ausfließend, ebenfalls als Springbrunnen in die Höhe steigen. Und so kann man den elektrischen Strom, welchen Elektrisirmaschinen, Influenzmaschinen und Leydener Batterien liefern, dem in die Höhe steigenden Strahle des Springbrunnens vergleichen, den galvanischen Strom mit den Wogen eines breit dahinfließenden Flusses: ersterer ist ein Spannungs- letzterer ein Quantitätsstrom. Die Secundär-Elemente aber bilden jenes Mittel, um den Quantitätsstrom in einen Spannungsstrom zu verwandeln, oder, um den Vergleich mit den Wasserläufen fortzuführen, jene Hebevorrichtung, welche das Flußwasser auf ein höher gelegenes Reservoir schafft, ihm die Steigkraft des Springbrunnens ertheilt. Dem Experimentator werden also Secundär-Elemente in allen jenen Fällen gute Dienste leisten, in welchen er von elektrischen Strömen höherer Spannung Gebrauch machen will, die gleichzeitig auch in ihrer Zeitdauer nicht so beschränkt sind wie die Entladungsschläge der Leydener Batterien und Elektrisirmaschinen.

Nach dieser Abschweifung wieder zu den chemischen Wirkungen des Stromes zurückkehrend, haben wir jenes eigenthümlichen Geruches zu gedenken, welcher stets bei starken elektrischen Entladungen auftritt. Findet die elektrische Entladung in Luft- oder Sauerstoffgas statt, so ist der Geruch der Umwandlung des Sauerstoffes in eine eigenthümliche Modification desselben, in das **Ozon**, zuzuschreiben. Das Ozon zeichnet sich gegenüber dem Sauerstoffe durch seine viel kräftiger oxydirend wirkende Kraft aus, und es entsteht in viel größerer Menge bei Ausströmen der Elektricität ohne Funkenbildung, bei dunkler Entladung, als wenn die Entladung in Funkenform zustande kommt.

Ozon in größerer Menge kann auf folgende Art erhalten werden: Von drei concentrisch ineinandergesteckten Röhren wird die innerste mit Quecksilber gefüllt und desgleichen jener Zwischenraum, der zwischen den beiden äußeren Röhren bleibt. Hierauf verbindet man das Quecksilber der innersten Röhre mit dem einen, das Quecksilber im ringförmigen Zwischenraume mit dem anderen Drahte der Elektricitätsquelle. Der Ausgleich beider Elektricitäten erfolgt dann durch den Luftzwischenraum zwischen der innersten quecksilbergefüllten Röhre und der zweiten Röhre, welche gleichfalls mit Quecksilber umgeben ist, und verwandelt dort den Sauerstoff in Ozon. Durch beständiges Erneuern der Luft im Zwischenraume, also durch Durchleiten der Luft, erhält man in dieser Weise eine sehr ozonreiche Luft, die in der Bleicherei und Färberei bereits praktische Anwendung gefunden hat.

Die Elektricität wirkt jedoch auch noch in anderer Art auf die beiden Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft, Stickstoff und Sauerstoff. Diese beiden Gase, welche sonst nicht leicht direct chemisch miteinander verbunden werden können, gehen unter der Einwirkung von Elektricität eine Verbindung ein. Cavendish hat nämlich nachgewiesen, daß unter diesen Umständen Salpetersäure entsteht. Berthelot beobachtete die Bildung von Acetylen (eines Körpers, der z. B. auch bei unvollständiger Verbrennung von Leuchtgas entsteht) als er elektrische Entladungen zwischen Kohlenspitzen in Wasserstoffgas einleitete. Alle Metalle, edle wie unedle, werden, wenn man sie in Form dünner Drähte oder Streifen in den Schließungsbogen einer Elektricitätsquelle einschaltet, durch kräftige Entladungen derselben oxydirt, d. h. in Metalloxyde verwandelt. Schlagen elektrische Funken in großer Anzahl auf polirte Metallplatten, so entstehen farbige (Priestley'sche) Ringe als Folge der Oberflächenänderung der Platten. Hiermit sind zwar die chemischen Wirkungen des Stromes nicht erschöpft, doch mögen für unsere Zwecke vorstehende Andeutungen genügen.

2. Die mechanischen Wirkungen des elektrischen Stromes.

Was die mechanischen Wirkungen der elektrischen Ströme anbelangt, ist zunächst daran zu erinnern, daß eine derselben, der elektrische Wind, bereits Erwähnung fand. Eine andere mechanische Wirkung ist die bleibende Verkürzung, welche ein Metalldraht erleidet, wenn mehrere Entladungen durch ihn geleitet worden sind. Diese Verkürzung, die wahrscheinlich in einer molekularen Veränderung, also in einer Umlagerung der kleinsten Theilchen des Drahtes ihre Erklärung finden dürfte, tritt stärker auf, wenn unter sonst gleichen Umständen die Drähte dünner oder die durchgesandten Entladungen

kräftiger sind als bei starken Drähten und schwachen Entladungen. Die Verkürzung eines Drahtes ist jedoch nur als das erste Stadium jener Veränderungen zu betrachten, welche ein Draht im Schließungsbogen einer kräftigen Elektricitätsquelle erleidet, wenn die Stärke der durchgesandten Entladungsströme allmählich gesteigert wird. Schaltet man nämlich in den Schließungsbogen einer kräftigen Batterie dünne Metalldrähte ein, so werden diese durch den Entladungsschlag zunächst an verschiedenen Stellen eingeknickt; gleichzeitig beobachtet man an den Verbindungsstellen des dünnen Drahtes mit dem Schließungsbogen ein lebhaftes Funkensprühen. Vom Drahte selbst werden Theilchen losgerissen, die in Form einer grauen Dampfwolke aufsteigen. Die Einknickungen des Drahtes werden zahlreicher und schärfer, je stärker der Entladungsschlag war, der durch den Draht gegangen ist. Wird die Ladung der Batterie weiter vergrößert, so kommt der Draht durch die Entladung zum Roth- oder Weißglühen. Die nächste Wirkung, die bei weiterer Verstärkung des Entladungsstromes eintritt, ist die, daß der Draht in Stücke zerrissen wird und diese theilweise schmelzen. Die stärkste Wirkung endlich, welche durch einen Entladungsschlag erzielt werden kann, besteht in der Zerstäubung des Drahtes; diese tritt unter Entwicklung einer glänzenden Lichterscheinung ein und ist von einem starken Knalle begleitet.

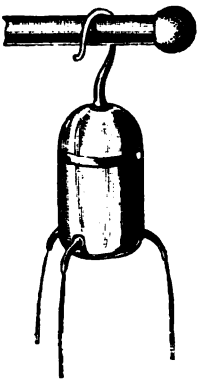
Auch beim Glühen der Drähte sollen nach Rieß mechanische Wirkungen zur Geltung kommen; Rieß meint, der Entladungsschlag bewirke eine Auflockerung des Drahtes und verändere dadurch das Leitungsvermögen derart, daß der Draht durch diese mechanische Einwirkung viel eher zum Glühen gebracht wird, als der bloßen Temperaturerhöhung durch die elektrische Entladung entsprechen würde.

Ist der Schließungsbogen durch einen Luftzwischenraum unterbrochen, so wird an dieser Stelle die Luft nach allen Seiten hin heftig weggeschleudert. Das plötzliche Ausweichen der Luft und das Wiederzurückströmen derselben in den so erzeugten luftverdünnten Raum ist wohl zum Theile die Ursache des gleichzeitig entstehenden Knalles.

Verschiedener Art sind die mechanischen Wirkungen des Entladungsstromes auf das Wasser, oder überhaupt auf Flüssigkeiten. Der Druck, welchen Entladungsschläge auf eingeschlossenes Wasser ausüben, kann so stark werden, daß er die einschließenden Gefäße zersprengt. Bemerkenswert ist auch der Einfluß, den die Elektrisirung des Wassers auf einen Ausfluß durch sehr enge Röhren (Capillarröhren) ausübt. Aus einem Blechgefäße, Figur 36, aus welchem das Wasser im unelektrischen Zustande durch die Capillarröhren nur tropfenweise ausfließt, fällt dieses in continuirlichen Strahlen, wenn es elektrisirt wird. Analoge Erscheinungen beobachtet man auch bei Springbrunnen. Nähert

man nämlich einem kleinen Springbrunnen, wie solche häufig auf Blumentischen oder bei Aquarien angebracht sind, einen elektrisirten Körper, so erscheint der Wasserstrahl, welcher sich vorher knapp ober der Ausflußöffnung in Tropfen auflöste, sofort ungetheilt; auch fällt das Wasser nicht mehr in ganz zerstäubtem Zustande, sondern in größeren Tropfen wieder herab. Diese Erscheinungen gewinnen dadurch an Interesse, daß sie mit Gewitter-Erscheinungen in gewisser Beziehung stehen. Fallen doch auch vor Ausbruch eines Gewitters zumeist große, schwere Regentropfen und tritt unmittelbar nach einem Blitzschlage häufig eine bedeutende Verstärkung des Regens ein, so zwar, daß dann der Regen oft in förmlichen Strahlen zur Erde fließt. Wir müssen aber allerdings bekennen, daß der engere Zusammenhang zwischen der Größe der Regentropfen und dem elektrischen Zustande der Atmosphäre noch nicht erkannt ist.

Fig. 36.



Ausfließen elektrisirten Wassers.

Zu den mechanischen Wirkungen des Entladungsstromes gehören ferner das regelmäßige Zerstreuen pulverförmiger Körper und das Erzeugen charakteristischer Figuren; dahin gehören die **Priestley'schen Ringe,** die **Lichtenbergschen Figuren** und die **elektrischen Hauchbilder.** Priestley hat die Beobachtung gemacht, daß bei Entladungen einer Kugel gegen polirte Metallplatten sich auf diesen ein dunkles Pulver absetzt, welches einen kreisförmigen Fleck, umgeben mit einem Ringe, bildet. Eine nähere Untersuchung der Figur zeigt, daß sie aus kleinen Metalltheilchen gebildet wird, welche der Entladungsstrom von der Kugel abreißt. Lichtenberg'sche Figuren erhält man am einfachsten in der Weise, daß man einer ebenen Harzplatte eine Metallspitze senkrecht gegenüberstellt und durch letztere eine Entladung auf erstere übergehen läßt. Nachdem man die Spitze entfernt hat, wird die Platte mit einem feinen Pulver bestreut; dieses ordnet sich hierbei in ganz bestimmten Figuren an, so zwar, daß diese als eines der sichersten Erkennungsmittel der Art der Entladung (ob positiv oder negativ) bilden. Als Bestreuungspulver verwendet man in der Regel das von Villarsy angegebene Gemenge, bestehend aus Mennige und Schwefel. Man streut dieses Gemenge in der Weise auf die elektrisirte Harzplatte, daß man es aus einer, mit mehreren Lagen Mousselin verschlossenen Büchse ausbeutelt. Die Theilchen des Pulvers reiben sich an dem Mousselin und werden elektrisch: die Schwefeltheilchen negativ, die Mennigetheilchen positiv. Erstere werden daher von dem positiv elektrisirten Theile der Harzfläche, letztere von dem negativen angezogen, so daß also die positiven

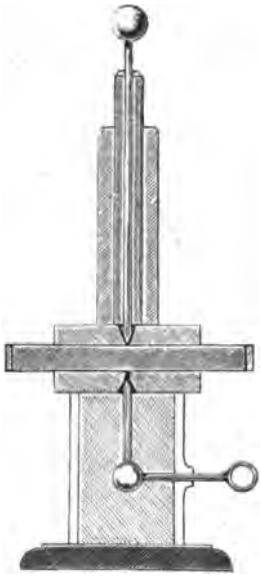
Flächen gelb, die negativen roth erscheinen. Wichtiger als dieser Farbenunterschied, welcher durch Veränderung der Bestäubungsvorrichtung sogar umgekehrt werden kann, ist jedoch der Unterschied der Formen. Figur A, Tafel I, zeigt die charakteristische Form für eine positive Ladung der Harzplatte, stellt also eine positive Lichtenberg'sche Figur dar. Man ersieht aus dieser, daß die von der Metallspitze auf die Platte übergegangene Elektricität sich vom Fußpunkte der Spitze nach allen Richtungen hin strahlenförmig ausgebreitet hat, und daß die einzelnen Strahlen sich mannigfach verästeln. Betrachtet man hingegen die negative Figur, Tafel I, Figur B, so sieht man eine mehr oder weniger scharf abgegrenzte kreisförmige Fläche, gleichmäßig mit Pulver bestreut; Strahlen oder Verästelungen sind keine wahrnehmbar — die ganze negative Figur besteht vielmehr nur aus einer rothen Scheibe. Figur C auf derselben Tafel stellt eine gemischte Figur dar, wie solche mit Hilfe eines weiter unten zu beschreibenden Inductionsapparates erhalten wird. Hierbei entspricht die centrale rothe Scheibe einer negativen, der sie umgebende Strahlenkranz einer positiven Entladung.

Die Bildung der Lichtenberg'schen Figuren erklärt F. Wächter, gestützt auf eine umfassende experimentelle Untersuchung in nachstehender Weise. Wo und wie immer negative Elektricität an die Harzfläche übergeht, hinterläßt sie Spuren kreisförmiger Ausbreitung, während die Uebertragung positiver Elektricität je nach Umständen in radialen Strichen oder auch in kreisförmigen Scheiben und Ringen geschehen kann. Eine Umkehr des Artunterschiedes Lichtenberg'scher Figuren, mittelst deren negative Elektricität eine Strahlenfigur gäbe, ist bis auf den kleinsten Strahl herab unmöglich. Die positive Strahlenfigur wird durch einzelne von der Elektrode losgerissene Staubpartikelchen erzeugt, die positive sowie auch die negative Scheibenfigur werden dagegen durch Gasentladungen hervorgebracht.

Elektrische Hauchbilder kann man erhalten, wenn man auf eine zur Erde abgeleitete Metallplatte eine polirte Glasplatte und auf diese eine Münze oder Medaille legt, gegen welche man elektrische Funken überspringen läßt. Entfernt man hierauf die Medaille und behaucht die Glasplatte, so findet man erstere auf letzterer bis in die feinsten Details abgebildet. Die Abbildung kommt dadurch zustande, daß durch die elektrischen Entladungen Theilchen jener Oberflächenschichte fremdartiger Stoffe (condensirte Gase, organische Stoffe ꝛc.), welche jeden Körper bedecken, losgerissen und auf die Glasplatte übertragen werden. Jene Stellen, auf welche solche Uebertragungen stattgefunden haben, grenzen sich von den freigebliebenen Stellen schärfer ab, wenn die ganze Fläche behaucht wird, weil sich der Wasserdampf verschieden condensirt, je nachdem die Glasoberfläche unverändert bleibt oder mit anderen Stoffen bedeckt wird.

Durch sehr kräftige Entladungsschläge können Papierschichten, Holz, Glas u. dgl., wenn man sie in den Schließungsbogen eingeschaltet hat, durchgeschlagen werden. Das **Durchschlagen von Glasplatten** kann z. B. mit Hilfe der in Figur 37 abgebildeten Vorrichtung gezeigt werden. Ein mit Schellack ausgegossenes Glasrohr ist unten durch eine Glasplatte abgeschlossen, welche in ihrem Mittelpunkt eine konische Bohrung besitzt. Durch den Schellack im Glasrohre ist ein Messingdraht geführt, dessen zugespitztes unteres Ende die konische Bohrung so durchsetzt, daß die Spitze in die untere Fläche der Platte zu stehen kommt; das obere, freie Ende des Drahtes trägt eine Kugel. Ein zweites, kürzeres, aber weiteres Glasrohr ist gleichfalls mit Schellack ausgegossen und oben durch eine konisch durchbohrte Glasplatte abgeschlossen. Der mit einer Spitze in diese Bohrung hineinragende Draht endet innerhalb des Rohres in einer Kugel, von welcher ein die Wand des Glasrohres horizontal durchsetzender Draht ausgeht. Will man mit Hilfe dieses Apparates eine Glasplatte durchschlagen, so bringt man dieselbe zwischen die Abschlußplatten der beiden vorbeschriebenen Röhren, wie es die Figur zeigt, verbindet das ringförmige Ende des unteren Zuleitungsdrahtes mit der äußeren Belegung einer Flaschenbatterie und setzt die innere Belegung derselben, etwa durch einen Handentlader, mit der Kugel des oberen Zuleitungsdrahtes in Verbindung. Werden in solcher Weise unter Anwendung kräftiger Batterien dicke Glasplatten durchbohrt, so sieht man an der Durchbohrungsstelle der letzteren häufig röhrenförmige Verästelungen, welche den weiter unten zu besprechenden Blitzröhren gleichen.

Fig. 37.



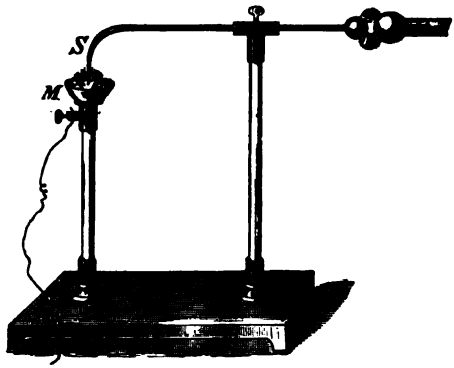
Apparat zum Durchschlagen von Glasplatten.

Van Marum experimentirte mit einer Leydener Batterie, welche aus 9 Batterien zusammengesetzt war, deren jede aus 15 Flaschen bestand, so daß diese 135 Flaschen zusammen eine wirksame Fläche von 225 Quadratfuß besaßen. Durch den stärksten Schlag dieser mächtigen Batterie gelang es ihm, einen Buchsbaumcylinder von 4 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Länge seiner ganzen Länge nach zu spalten. Doch so bedeutend diese Wirkung des Batterie-Entladungsschlages auch war, bleibt sie doch weit hinter jenen gewaltigen mechanischen Wirkungen zurück, welche, wie wir später sehen werden, durch Blitzschläge hervorgerufen werden können.

3. Wärme und Lichtwirkungen des elektrischen Stromes.

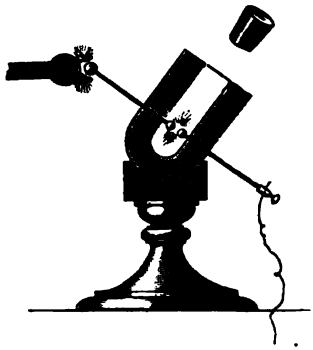
Nicht unbedeutend sind auch die Wärmewirkungen, welche durch hinlänglich kräftige Entladungsströme sowohl im ungeschlossenen als auch im geschlossenen Stromkreise hervorgebracht werden können. Der elektrische Funke, welcher an der Unterbrechungsstelle eines Stromkreises auftritt, entzündet leicht brennbare Substanzen, wie z. B. Aether, Alkohol, Knallsilber u. s. w. Man kann dies mit Hilfe des Henley'schen Ausladers zeigen oder auch mit Benützung des in Figur 38 abgebildeten Apparates. Ein Messingschälchen M ist auf einer Glassäule isolirt aufgestellt; in dieses ragt, ohne es zu berühren,

Fig. 38.



Elektrischer Zünd-Apparat.

Fig. 39.



Elektrischer Mörser.

die Spitze S hinein, welche das eine Ende eines gleichfalls isolirt aufgestellten Messingstabes bildet. Sein anderes Ende wird durch eine kleine Kugel begrenzt. In das Schälchen, welches man durch einen Draht zur Erde ableitet, bringt man den zu entzündenden, leicht brennbaren Körper und läßt auf die Kugel des horizontalen Messingstabes den Funken aus einer Leydener Flasche oder dergleichen überspringen. Der Funke muß dann von der Spitze S auf die im Schälchen M befindliche Substanz überschlagen, die hierdurch entzündet wird. Auf der Entzündung explosibler Gasgemenge durch die Wärme des elektrischen Funkens beruht der elektrische Mörser. In das Innere des Mörsers, Figur 39, sind zwei in einer Geraden liegende Metalldrähte geführt und stehen einander mit ihren kugelförmig verdickten Enden nahe gegenüber. Man leitet in den Mörser Wasserstoff- oder Leuchtgas, welches sich mit der Luft mischt und ein explosibles Gasgemenge bildet; derselbe Zweck wird übrigens auch durch einen Tropfen Aether oder Schwefelkohlenstoff erreicht. Dann verschließt man die

Mündung des Mörsers durch eine Kugel oder einen Pfropfen und läßt den Funken überschlagen; dieser entzündet das Gasgemisch und der Pfropfen wird durch die Explosion der Gase mit starkem Knalle hinausgeschleudert.

Daß besonders im geschlossenen Stromkreise durch den Entladungsstrom Metalldrähte erwärmt, beziehungsweise zum Glühen, Schmelzen und sogar zum Verdampfen gebracht werden können, wurde bereits oben erwähnt.

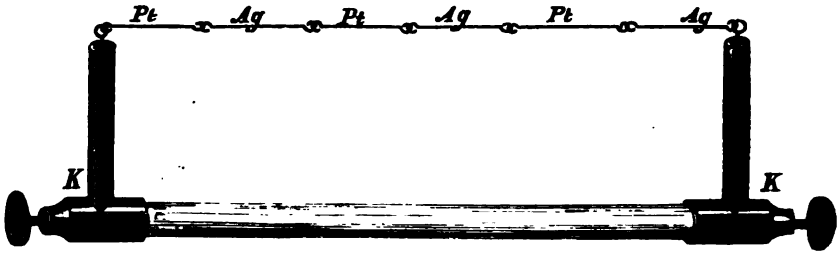
Fig. 40.

Elektrisches Luftthermometer von Rieß.

Hierzu möge ergänzend nur noch die Beschreibung eines Instrumentes nachgetragen werden, welches gestattet, die Wärmewirkungen messend zu verfolgen; es ist dies das **Rieß'sche elektrische Luftthermometer.** In der Glaskugel k, Figur 40, welche einen Durchmesser von beiläufig 9 Centimeter besitzt, ist quer durch ihren Mittelpunkt eine Spirale aus Platindraht gespannt. Die Enden derselben sind an zwei Klemmschrauben s s_1 befestigt, welche in einander diametral gegenüberliegenden Oeffnungen der Kugel eingekittet sind. Unten ruht die Kugel auf einem Metallringe r, der mit seinen Füßen auf das Brett festgeschraubt ist. Ferner geht von der unteren Seite der Kugel eine Glas-

röhre aus, deren zweites Ende sich zu einem auf der Röhre senkrecht stehenden Glasgefäße g erweitert. Die Glasröhre besitzt einen sehr geringen inneren Durchmesser und ruht nicht unmittelbar auf, dem Brette B auf, sondern ist an einer Scala festgemacht, und erst diese ist mit dem Brette verbunden. Ein Gelenk vereinigt letzteres mit dem Grundbrette G, um für das Brett B mit Hilfe des Metallbogens b und der daselbst angebrachten Schraube verschiedene Neigungen gegen die Horizontalebene zu ermöglichen. Die Platinspirale steht durch dicke Drähte mit den isolirt aufgestellten Drahtklemmen D D in leitender Verbindung, welche Klemmen das ganze Instrument bequem in den Schließungsbogen einer Batterie ꝛc. einzuschalten erlauben. Bei o besitzt die Glaskugel eine durch einen eingeschliffenen Stöpsel verschließbare Oeffnung, um den Luftdruck im Innern der Kugel mit jenem der äußeren Luft gleich machen zu

Fig. 41.



Leiterkette.

können. In das Rohr bringt man gefärbtes Olivenöl als Sperrflüssigkeit. Läßt man nach Einschaltung dieses Thermometers die Entladungsschläge einer Batterie durch die feine Platinspirale gehen, so wird diese erwärmt, gibt ihre Wärme an die in der Kugel abgeschlossene Luft ab und dehnt diese dadurch aus, was am Zurückweichen der Sperrflüssigkeit in der Röhre zu erkennen ist; da die Flüssigkeit umsomehr zurückweichen wird, je mehr Wärme die Platinspirale an die Luft in der Kugel abgibt, so kann die Bewegung der Sperrflüssigkeit zur Messung der Wärmewirkungen des Entladungsstromes benützt werden. In der Veränderung der Röhrenneigung hat man ein Mittel, das Thermometer mehr oder weniger empfindlich zu machen.

Mit diesem Instrumente fand man, daß die Erwärmung des Platindrahtes zunimmt, wenn, unter sonst gleichen Umständen, die Elektricitätsmengen zunehmen und zwar erfolgt die Zunahme der Wärmemenge viel rascher als jene der Elektricitätsmengen: Die Zunahme der Wärmemenge wurde nämlich proportional gefunden dem Quadrate der Elektricitätsmenge. Rieß

Fig. 42.

Ausströmen von Elektricität.

Fig. 43.

Positiv elektrisches Lichtbüschel.

Fig. 44.

Elektrischer Funke.

fand ferner die entwickelte Wärmemenge direct proportional der Länge der Drähte und verkehrt dem Querschnitte der Leitungsdrähte. Die Erwärmung in der Spirale nahm ab, wenn die Entladung durch Einschaltung schlechter Leiter, wie z. B. feuchter Schnüre, Wassersäulen u. dgl., in den Schließungs-

bogen verzögert wurde. Es wurde auch eine verschiedene Erwärmung der Platinspirale erhalten, wenn man bei sonst gleichbleibenden Umständen Drähte verschiedener Natur einschaltete.

Die durch das Material bedingte verschiedene Erwärmung kann man sehr schön in der Weise zeigen, daß man einen Leiterkreis aus gleich dimensionirten Theilen verschiedenen Materiales zusammensetzt und diesen dann als Schließungsbogen für eine galvanische Batterie von entsprechender Stärke benützt. Man bildet zu diesem Behufe eine Kette aus lauter gleich langen und gleich starken Stücken von Platin- und Silberdraht (Pt und Ag in Figur 41), so daß das Metall von Glied zu Glied gewechselt wird. Die Endglieder dieser Kette stehen mit Klemmschrauben K K in Verbindung, welche auf einem Glasstabe befestigt sind. Verbindet man hierauf die Klemmschrauben mit den Poldrähten einer galvanischen Batterie, so werden die Platinglieder der Kette stärker erhitzt werden als die Silberglieder, weil letztere dem Durchgange des Stromes einen geringeren Widerstand entgegensetzen als die Platindrähte. Ist die Stromstärke passend gewählt, so glühen die Platindrähte, während die Silberdrähte dunkel bleiben. Ebenso werden bei elektrischen Beleuchtungsanlagen mit Glühlicht die feinen Kohlenfäden in den Lampen zum Glühen gebracht, während die Kupferdrähte der Leitungen kalt bleiben.

Die Wärmewirkungen können bei entsprechender Stärke des Entladungsstromes sehr bedeutend werden; so gelang es van Marum mit Hilfe seiner bereits erwähnten großen Batterie Blei- und Zinndrähte von 9 bis 10 Fuß Länge und $^1/_{32}$ Zoll Durchmesser vollkommen zu schmelzen.

Die **Lichtwirkungen,** welche durch elektrische Entladungen hervorgerufen werden, sind mannigfacher Art, je nach den Umständen, unter welchen die Entladungen stattfinden. Wie bereits erwähnt, läßt sich die elektrische Dichte auf einem bestimmten Körper nur bis zu einer gewissen Grenze steigern; ist diese erreicht, so wird durch weiteres Zuführen von Elektricität keine Verstärkung der Ladung erreicht, sondern die Elektricität überwindet dann vermöge der bereits erreichten Spannung den Widerstand des umgebenden Mediums, z. B. der Luft, und beginnt auszuströmen. Dieses Ausströmen der Elektricität ist mit einer Lichtentwicklung verbunden, welche bei verhältnißmäßig geringer Spannung der Elektricität so schwach auftritt, daß sie nur in einem verdunkelten Raume wahrgenommen werden kann. Es entsteht dann ein kegelförmiges Lichtbüschel, derart, wie es Figur 42 darstellt; bei höherer Spannung kann sich das Lichtbüschel in Form einer Fächerpalme, Figur 43, ausbilden.

Des elektrischen Funkens, also jener Lichterscheinung, welche der Entladungsstrom an den Unterbrechungsstellen seines Schließungsbogens hervorruft, wurde bereits wiederholt erwähnt. Ist die Schlagweite des Funkens im

Verhältniſſe zur elektriſchen Spannung eine kurze, ſo zeigt ſich der Funke als gerade, an allen Stellen gleich helle Linie. Vergrößert man dann ſeine Schlagweite, ſo hört er auf als gerade Linie zu erſcheinen und nimmt viel-

Fig. 45.

Photographie eines elektriſchen Funkens.

Fig. 46.

Elektriſches Ei.

mehr Zickzackform an, bis er endlich bei noch weiter geſteigerter Schlagweite in vielfach gekrümmter, wohl auch veräſtelter Geſtalt erſcheint, wie dies Figur 44 oder nach einer Photographie Figur 45 zeigt. Die gewundene oder Zickzackform des Funkens erklärt man dadurch, daß derſelbe auf ſeiner Bahn den geringſten Widerſtänden folgt; hierbei kann die wechſelnde Leitungsfähigkeit

einer Luftstrecke dadurch erzeugt sein, daß besser und schlechter leitende kleine Theilchen oder Stäubchen ungleichförmig in der Luft vertheilt sind; ferner verdichtet der Funke auf seinem Wege vor sich her die Luft, verschlechtert also ihre Leitungsfähigkeit und weicht deshalb seitwärts in weniger dichte, also besser leitende Luft aus, dann verdichtet er aber in der nunmehr eingeschlagenen Richtung abermals die Luft, weicht neuerdings aus u. s. w., wodurch man sich ebenfalls das Entstehen einer sinuösen Bahn erklären kann. Die Leuchtkraft des Funkens ist nicht an allen Stellen dieselbe, sondern in der Nähe des positiven Conductors am stärksten, in der Nähe des negativen Conductors am geringsten; auch zeigt er sich am positiven Conductor gewöhnlich anders gefärbt als am negativen. Beiderlei Farben erweisen sich als abhängig von der Natur der Conductoren und jener des Mediums, welches der Funke durchdringt. Dieses Verhalten des elektrischen Funkens weist darauf hin, daß das Leuchten desselben nur eine secundäre Wirkung der Elektricität ist. Das Licht ist also streng genommen kein elektrisches, sondern ein von den durch die gleichzeitig entwickelte Wärme zum Glühen gebrachten Metall- und Gastheilchen hervorgebrachtes. Daß es thatsächlich glühende Metalltheilchen sind, beweisen die bereits besprochenen Priestley'schen Ringe.

Die elektrischen Lichterscheinungen gewinnen eine große Mannigfaltigkeit der Farben und Formen, wenn man die Entladungsströme durch luft- oder überhaupt gasverdünnte Räume gehen läßt, wie dies mit Hilfe des **elektrischen Eies** bewirkt werden kann. Dasselbe besteht aus einem Glasballon, Figur 46, welcher oben und unten mit Messingfassungen versehen ist. Die obere Fassung trägt eine Stopfbüchse, d. h. eine mit eingefetteten Lederscheiben gefüllte Büchse, durch deren Mitte der eine Zuleitungsdraht (die eine Elektrode) gesteckt ist. Die Stopfbüchse hat den Zweck, die Elektrode verschiebbar in das Glasgefäß einführen zu können, ohne daß hierdurch der luftdichte Verschluß leidet. Die einzelnen Lederscheiben werden nämlich durch einen Schraubenkopf fest aneinander gepreßt und legen sich dadurch dicht an die Elektrode an. Letztere besteht aus einem Messingstabe, welcher an seinem oberen Ende mit einer Drahtklemme zur Aufnahme des Zuleitungsdrahtes versehen ist und an seinem unteren Ende eine kleine Messingkugel trägt. An der unteren Metallfassung des elektrischen Eies ist die zweite Elektrode, gewöhnlich unverstellbar, befestigt. Nach unten zu schließt sich an diese Fassung zunächst ein Hahn, welcher gestattet, durch entsprechende Drehungen den Innenraum des Eies mit der äußeren Luft in Verbindung zu setzen oder abzusperren. Unterhalb des Hahnes ist ein hohler Messingfuß befestigt, welcher an seiner Unterfläche vollkommen eben geschliffen ist. Mittelst dieses Fußes wird das Ei auf den Teller einer Luftpumpe gesetzt; man kann dann durch die durchbohrte Metallfassung, den geöffneten Hahn

und den Fuß die Luft aus dem Ei ausſaugen, andere Gaſe einſtrömen laſſen und dieſe beliebig verdünnen.

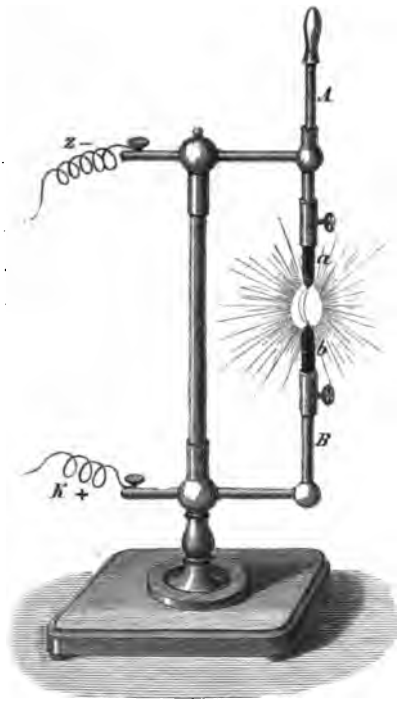
Die Lichterſcheinungen, welche im Eie ſichtbar werden, wenn man die urſprünglich darin enthaltene trockene Luft nach und nach auspumpt, entwickeln ſich in nachſtehender Weiſe. Bei hinlänglich weiter Entfernung der beiden Elektroden von einander geht zunächſt, d. h. ſo lange noch unverdünnte Luft das Ei erfüllt, keine elektriſche Entladung durch. Hat aber die Verdünnung der Luft einen gewiſſen Grad erreicht, ſo ſieht man von der poſitiven Elektrode aus feine, lebhaft züngelnde, rothe Lichtfäden ausgehen, die gegen die negative Elektrode gerichtet ſind. Hierbei ſind dieſe Lichtfäden häufig nicht in ihrer ganzen Länge gleich hell, ſondern in regelmäßigen, ſehr kleinen Abſtänden von lichtſchwächeren Stellen unterbrochen, ſo daß jeder einzelne Lichtfaden das Anſehen einer Reihe leuchtender Perlen erhält. In dem Maße, als die Verdünnung fortſchreitet, mehrt ſich die Zahl dieſer Fäden, dann werden dieſe ſelbſt immer breiter, verſchmelzen miteinander und bilden endlich einen röthlichen Lichtſchwall, der zunächſt der poſitiven Elektrode am hellſten leuchtet, gegen die negative Elektrode an Lichtſtärke ſtetig abnimmt und in einer größeren oder geringeren Entfernung von dieſer endet. Auch dieſes poſitive Lichtbüſchel zeigt häufig abwechſelnd helle und dunkle Schichten, die ſtets mit ihrer concaven (hohlen) Fläche gegen die poſitive Elektrode gekehrt ſind, wie dies die Figur erkennen läßt.

An der negativen Elektrode haben ſich inzwiſchen die Erſcheinungen in folgender Weiſe entwickelt: Während des Auftretens der leuchtenden Fäden an der poſitiven Elektrode zeigt ſich an der dieſer zugewandten Seite der negativen Elektrode ein ſchwacher bläulicher Lichtſchein — ein Lichtſcheibchen. Dieſes gewinnt bei fortſchreitender Verdünnung der Luft im Ei eine immer wachſende Ausdehnung und überzieht immer größer werdende Flächen der Elektrode mit einer blauen Lichthülle. Letztere nimmt dann auch an Dichte zu und erſcheint kornblumenblau gefärbt. Sie iſt am hellſten unmittelbar um die Elektrode herum und nimmt mit der Entfernung von ihr allmälig an Leuchtkraft ab. Dieſes negative Glimmlicht zeigt gar nie Schichten, wie ſie beim poſitiven Lichtbüſchel ſehr häufig zu beobachten ſind, nämlich Schichten, deren Flächen auf der Axe des Lichtbüſchels ſenkrecht ſtehen; wohl aber bemerkt man häufig, namentlich bei ſtarker Verdünnung der Luft im Ei, daß das elektriſche Glimmlicht aus mehreren Lichthüllen ſich zuſammenſetzt, die concentriſch die negative Elektrode umſchließen und verſchiedene Helligkeiten zeigen. In der Figur ſchließt ſich eine hellleuchtende Hülle enge an die Elektrode an, hierauf folgt eine dunklere Hülle und auf dieſe wieder eine helle Hülle; die Helligkeit der Letzteren nimmt nach außen zu allmählich ab. Zwiſchen dieſer

Hülle und dem positiven Lichtbüschel ist kein Licht zu sehen; es ist dies der sogenannte dunkle Raum.

Die Farben der Lichterscheinungen werden andere, wenn an Stelle der Luft andere Gase in das Ei gebracht und daselbst verdünnt werden. So ist bei Anwendung von Kohlensäure das positive Büschellicht grün oder blaugrün gefärbt, indes das Glimmlicht, welches sich in diesem Gase besonders schön entwickelt, eine prachtvoll lapendelblaue Farbe annimmt. Wasserstoffgas wird im Büschellichte rosa — feurigroth, wenn es enge Röhren durchsetzen muß — im Glimmlichte röthlich. Bei Sauerstoff beobachtete der Verfasser in der Regel rauchgraues oder gelblichgraues, wolkenförmiges Büschellicht bei Anwendung verhältnißmäßig weiter Röhren und gleichzeitig röthliches bis rosafarbenes Glimmlicht. Bei sehr raschem Uebergange von großen zu geringen Röhrendurchmessern, also trichterförmiger Gestaltung der Röhre, wurde häufig auch prächtig smaragdgrünes Licht beobachtet. Noch mannigfaltiger werden die Lichterscheinungen bei mehrfach zusammengesetzten Gasen.

Fig. 47.



Voltabogen.

Auch durch die Ströme galvanischer Batterien können Lichterscheinungen verschiedener Art hervorgerufen werden. Unterbricht man den Schließungsbogen einer galvanischen Batterie an irgend einer Stelle, so leuchtet an dieser ein heller Funke auf, ähnlich jenem, der bei der Entladung einer Leydener Flasche entsteht. Ein continuirliches Ueberspringen von Funken zwischen den einander nahe gegenüberstehenden Enden der Poldrähte einer galvanischen Batterie erhält man aber erst dann, wenn letztere aus einer sehr bedeutenden Anzahl von Elementen besteht; so hat z. B. Gassiot das Ueberspringen von Funken bei einer Batterie von 3520 Elementen beobachtet, wobei die den Schließungsbogen unterbrechende Luftstrecke 0·25 Millimeter lang war.

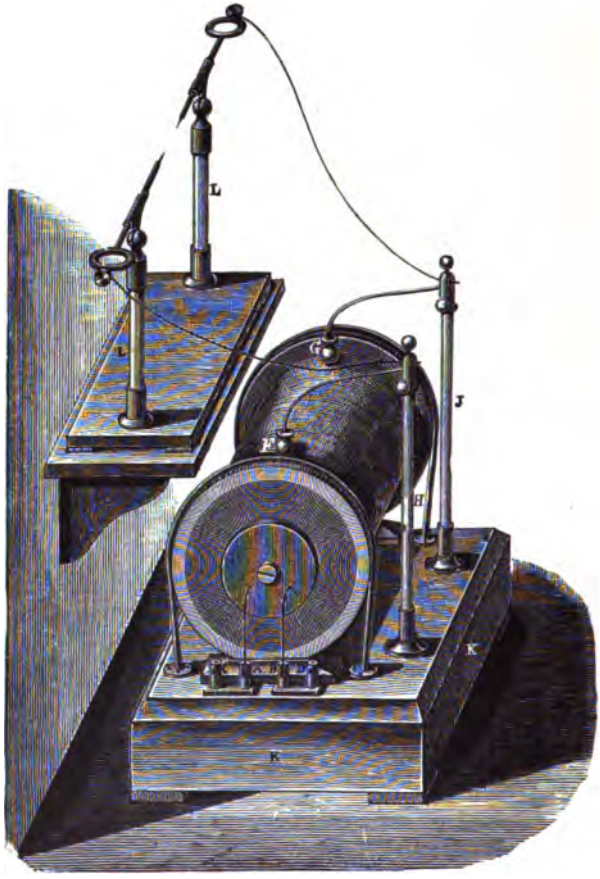
Von gegenwärtig immer wachsender praktischer Bedeutung ist jedoch jene Lichterscheinung, welche an der Unterbrechungsstelle eines galvanischen

Schließungsbogens dann entsteht, wenn die Unterbrechungsstelle zwischen Kohlenspitzen hergestellt wird. Hier entsteht dann jene blendende Lichterscheinung, die unter dem Namen **Davy'scher Lichtbogen** oder **Voltabogen** bekannt ist. Man kann den Voltabogen mit Hilfe von 20 bis 30 Bunsen-Elementen hervorrufen, indem man sich hierbei zur Gegeneinanderstellung der beiden Kohlenelektroden a und b eines Gestelles bedient, wie es in Figur 47 dargestellt ist. Eine verticale Glassäule ist mit horizontalen Messingarmen K und Z versehen, von welchen der eine eine feststehende Klemmvorrichtung B für die untere Kohle trägt, während der obere Kohlenträger A unter Vermittlung eines isolirten Handgriffes durch den oberen Messingarm auf und abgeschoben werden kann. Man befestigt die Poldrähte der Batterie durch die Klemmschrauben bei K und Z, führt den Kohlenträger A so weit herab, bis sich die Kohlen a und b berühren und gibt hierauf letztere wieder auf eine geringe Entfernung auseinander. Der in solcher Weise hervorgerufene Voltabogen erhält sich so lange, bis durch Abbrennen der Kohlen die Entfernung zwischen a und b zu groß geworden ist, als daß sie der zur Verfügung stehende Strom noch überwinden kann; ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so müssen die Kohlen wieder einander genähert werden, was bei der in der Figur dargestellten Vorrichtung mit der Hand, bei den in praktischer Anwendung stehenden Lampen automatisch bewirkt wird. Der Voltabogen ist ein Strom glühender Elektroden- (Kohlen-) Theilchen, die zumeist in der Richtung von der positiven zu der negativen Elektrode gehen.

In sehr bequemer Weise lassen sich die mannigfachsten elektrischen Lichterscheinungen unter Anwendung der Inductionsströme hervorrufen. Man benützt hierzu eigene **Inductionsapparate** oder **Inductorien,** Figur 48, Apparate, deren Hauptbestandtheile zwei ineinander geschobene, von einander wohl isolirte Drahtspiralen bilden. Die Enden A, B der inneren primären Spirale verbindet man durch die Klemmen C D mit den Poldrähten einer galvanischen Batterie und sorgt dafür (und zwar gewöhnlich durch eine automatisch wirkende Vorrichtung), daß dieser die primäre Drahtspirale durchfließende Batteriestrom in rascher Aufeinanderfolge geschlossen und unterbrochen wird. Die hierdurch in der äußeren (oder secundären Spirale) erregten Inductionsströme sind es dann, welche zur Ausführung der bereits angedeuteten Experimente dienen. Die Drahtenden E und G der secundären Spirale verbindet man gewöhnlich mit Klemmschrauben, die auf Glassäulen H und J eine isolirte Aufstellung erhalten; von hier aus können dann die Inductionsströme durch entsprechende Drahtleitungen in bequemer Weise ihrer Verwendung zugeführt werden. In der Figur ist zum Beispiel die Verbindung mit einem Funkenzieher L L hergestellt.

Die Inductionsapparate gestatten die Erzeugung von Funken, welche ebensolche Wirkungen hervorbringen, wie die durch Reibungs- oder Influenzmaschinen erhaltenen Funken. Der Inductionsfunke zeigt aber überdies noch

Fig. 48.



Ruhmkorff's Inductionsapparat.

eine Erscheinung, welche einer speciellen Erwähnung bedarf. Bringt man die Spitzen des Entladers in eine verhältnißmäßig geringe Entfernung von einander, so erscheinen diese durch eine intensiv leuchtende Feuerlinie miteinander verbunden; diese ist jedoch umgeben von einer nicht sehr hellen, leicht beweglichen Lichthülle, welche man mit dem Namen Aureole bezeichnet hat. Letztere läßt sich von der Hauptentladung, dem Funkenstrahle, schon durch bloßes Anblasen

trennen; sie wird dann in ähnlicher Weise abgelenkt wie eine Flamme durch das Löthrohr. Genauere Untersuchungen über den Inductionsfunken ergaben, daß die Farbe des Funkenstrahles von der Natur der Elektroden, zwischen welchen der Funke überspringt, abhängt, die Farbe der Aureole hingegen durch die Natur jenes Mediums (der Luft oder irgend eines Gases) bedingt wird, in welchem der Funke überschlägt. Aus sämmtlichen Versuchen hat man geschlossen, daß der Funkenstrahl als momentaner Ausgleich entgegengesetzter Elektricitäten aufzufassen ist, und sein Leuchten im Glühen abgerissener Elektrodentheilchen besteht. Dieser Theil des Inductionsfunkens ist daher identisch mit dem Funken einer Leydener Batterie. Die Aureole ist dagegen ein Ausgleich der beiden Elektricitäten in ruhigerer Strömung und nach Art des galvanischen Stromes; das Leuchten derselben beruht auf dem Glühen von Gastheilchen.

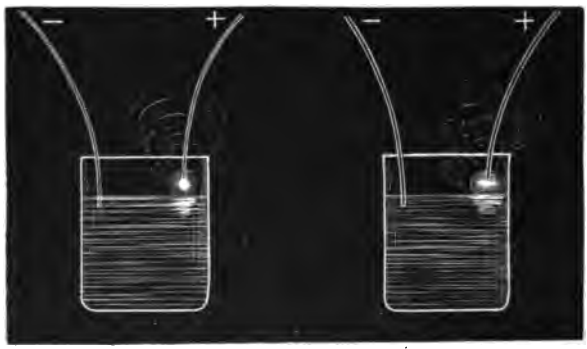
Ebenso farbenprächtige als interessante elektrische Lichterscheinungen treten dann auf, wenn man den Inductionsfunken in verdünnten Gasen hervorruft. Man bewerkstelligt dies gewöhnlich in sogenannten **Geißler'schen Röhren,** wie solche in den Figuren A, B und C auf Tafel II abgebildet sind. Es sind dies Glasröhren, welche Gase verschiedener Art* in stark verdünntem Zustande enthalten und mit je zwei das Glas durchsetzenden Platindrähten versehen sind; mit letzteren werden die Drahtenden der secundären Spirale des Inductionsapparates verbunden. Die hierbei zu beobachtenden Erscheinungen sind dieselben wie jene, welche bereits beim elektrischen Ei, Seite 73, geschildert wurden; sie werden aber wesentlich andere, wenn man die Verdünnung der in den Röhren eingeschlossenen Gase oder Dämpfe bis an die äußersten Grenzen treibt. Es bieten sich dann so merkwürdige und bis vor wenigen Jahren noch kaum gekannte Lichterscheinungen dar, daß sich Crookes sogar veranlaßt sah, hierbei an einen vierten Aggregatzustand, welchen er als strahlende Materie bezeichnete, zu denken. Dieser Gedanke wurde zwar in kurzer Zeit durch die Arbeiten anderer Forscher als ein unberechtigter dargestellt, aber immerhin haben die Erscheinungen an und für sich ihren Anspruch auf ein lebhaftes Interesse nicht verloren. Ist nun allerdings hier nicht der

*) Figur A stellt eine Röhre dar, welche mit Kohlensäure bei 2 bis 3 Millimeter Druck gefüllt ist. Sie ist charakteristisch durch die blaugrüne Farbe des positiven Büschellichtes und durch das helle, lavendelblaue Glimmlicht; Figur B ist eine mit Wasserstoff gefüllte Röhre, besonders ausgezeichnet durch das intensive rothe Licht im thermometerartig verengten Theile der Röhre. Diese beiden Röhren zeigen auch schöne Fluorescenz des Glases (in Grün) besonders am negativen Pole. An der mit Siliciumfluorid gefüllten Röhre, Figur C, fällt besonders das kornblumenblaue Licht im engen Theile der Röhre auf.

Ort, auf dieſe merkwürdigen Erſcheinungen überhaupt näher einzugehen, ſo mag doch eine derſelben kurz erwähnt werden, weil ſie vielleicht geeignet ſein könnte, über die Natur gewiſſer höchſt merkwürdiger Blitze eine Aufklärung anzubahnen. Die fragliche Erſcheinung wurde von Reitlinger und dem Verfaſſer vorliegenden Werkes zuerſt beobachtet und nach Feſtſtellung der Bedingungen für ihr Auftreten beliebig oft wieder herbeigeführt.

Eine beiläufig 4 Centimeter weite und 20 Centimeter lange, an beiden Enden mit Platinelektroden verſehene Röhre, Tafel III, wurde durch an ihrer Mitte angebrachte Anſatzröhren einerſeits mit einem Gaſometer, andererſeits mit einer Queckſilber-Luftpumpe verbunden. Die Röhre erhielt durch den Gaſometer eine Füllung von Luft oder Kohlenſäure oder Waſſerſtoff oder einem

Fig. 49.



Elektriſch leuchtende Flüſſigkeitskugeln.

anderen Gaſe und hierauf wurde mit der Verdünnung des betreffenden Gaſes begonnen. Waren die beiden Elektroden mit den Polen eines Inductionsapparates verbunden, ſo entwickelten ſich die Lichterſcheinungen bei fortſchreitender Verdünnung zunächſt in der bereits weiter oben angegebenen Folge. Hat jedoch das eingeſchloſſene Gas eine beſtimmte, hohe Verdünnung (z. B. 0·1 Millimeter für Kohlenſäure) erreicht und iſt nur der poſitive Pol des Inductionsapparates mit einer Elektrode verbunden, während die andere Elektrode der Röhre frei bleibt, ſo gewinnt die Lichterſcheinung die in der Figur dargeſtellte Form. An der mit dem poſitiven Pole des Inductionsapparates verbundenen Elektrode (+) iſt eine ſchwache Andeutung des Glimmlichtes (in Kohlenſäure blau) ſichtbar, während die freie Elektrode (—) ſich zunächſt von einer enge an den Draht anſchließenden dünnen grünen Lichthülle umgeben zeigt, um welche ſich bläuliches Glimmlicht ausbreitet. Am poſitiven Ende der

Röhre (bei b) setzt sich aber nicht das grüne Büschellicht sofort an der Elektrode an, sondern dieser zunächst ist eine blaue vollkommen freischwebende **Lichtkugel**, die von dem grünen Büschellichte und der Elektrode durch je einen dunklen Raum getrennt ist.

Obschon die Anwendung des Inductionsapparates die Continuität der Lichterscheinung ausschließt, macht die Lichtkugel auf das Auge des Beobachters doch den Eindruck, als würde sie fortdauernd ruhig inmitten der Röhre schweben. Diese Erscheinung läßt keine andere Erklärung zu, als daß die das Licht ausstrahlenden Gastheilchen solche Kraftwirkungen wechselseitig auf einander ausüben, daß sie dadurch eine kugelförmige Anordnung anstreben. Sollte es sich hierbei nicht vielleicht um eine analoge Erscheinung im Kleinen handeln, wie eine solche im Großen die Kugelblitze darstellen?

Unter ganz anderen Bedingungen ist es auch **Planté** gelungen, elektrisch leuchtende Kugeln zu erhalten; er benützte hierzu eine Batterie von 200 seiner oben beschriebenen Secundär-Elemente. Senkt man den mit dem negativen Pole dieser Batterie verbundenen Platindraht in eine Salzlösung und nähert hierauf den positiven Platindraht der Oberfläche derselben, so bildet sich am Ende des positiven Drahtes eine leuchtende Flüssigkeitskugel, Figur 49, während man ein eigenthümliches Geräusch wahrnimmt. Durch Heben des positiven Drahtes kann der Durchmesser der Kugel, welche in lebhafte Rotation geräth, bis auf einen Centimeter gebracht werden. Infolge dieser Drehung plattet sie sich ab, verlängert sich bisweilen gegen den negativen Platindraht und zerplatzt schließlich, während gleichzeitig ein knatternder Funke am negativen Pole auftritt. Letzterer entsteht in der Weise, daß durch Aufsaugen der Flüssigkeit in der Kugel am positiven Pole, der negative Pol nahezu außer Berührung mit der Flüssigkeit kommt. Ist die Kugel geplatzt, so taucht der negative Draht wieder genügend in die Flüssigkeit, und die leuchtende Kugel entsteht neuerdings am positiven Pole. Die Wirbelbewegung der Kugel kann sowohl in einem als auch im entgegengesetzten Sinne stattfinden und ist nach Planté einer Reactionswirkung der ausströmenden Elektricität zuzuschreiben, ähnlich jener, welche das elektrische Flugrädchen (Seite 34) in Bewegung setzt. Die Kugelbildung selbst führt Planté auf eine Aufsaugungswirkung zurück, hervorgerufen durch das Ausströmen der Elektricität. Da die Ansammlung der Flüssigkeit nach keiner Richtung hin begrenzt wird, erfolgt sie in der Art, daß sie einen Körper von möglichst geringer Oberfläche — also eine Kugel — bildet. Die Ansaugung ist in letzter Linie als eine Wärmewirkung aufzufassen; es scheint der durch den hochgespannten Strom momentan entwickelte Dampf an der Elektrode einen leeren Raum zu erzeugen, der augenblicklich von Wasser ausgefüllt wird.

Planté beobachtete auch sehr merkwürdige Erscheinungen bei Anwendung destillirten Wassers an Stelle der Salzlösung, auf welches er den Strom einer viermal stärkeren Batterie, also einer Batterie von 800 Elementen wirken ließ. Wurde die positive Elektrode in das destillirte Wasser eingetaucht, und näherte man hierauf den negativen Pol der Wasseroberfläche, so erhob sich sofort eine

Fig. 50.

Elektrische Kugelflamme.

Fig. 51.

Elektrische Kugelflamme.

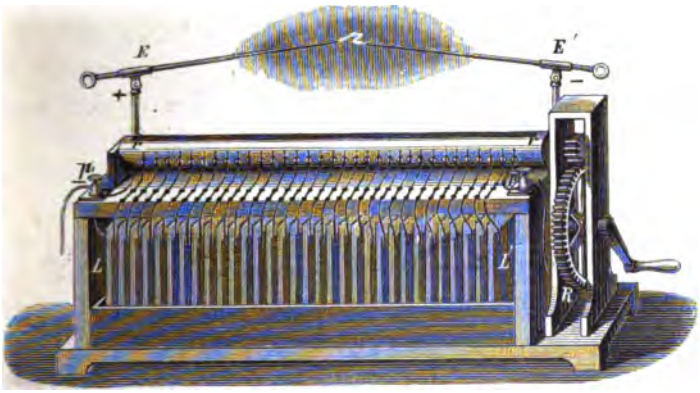
Fig. 52.

Lichterscheinungen bei hochgespannten Strömen.

gelbe Flamme von nahezu kugelförmiger Gestalt und einem Durchmesser von beiläufig 2 Centimeter, Figur 50. Der 2 Millimeter starke Platindraht schmolz mit großer Lebhaftigkeit und erhielt sich in einer Entfernung von 14 bis 15 Millimeter oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche einige Zeit geschmolzen. Die Zusammensetzung der Flamme ergab sich als bestehend aus glühender verdünnter Luft, den Zersetzungsproducten (Wasserstoff und Sauerstoff) des Wassers und aus Platindämpfen.

Um das Schmelzen des Platindrahtes zu vermeiden, wurde die Intensität des elektrischen Stromes durch Einschaltung einer Wassersäule in den Schließungsbogen geschwächt und nun erschien eine sehr vollkommene Feuerkugel im Durchmesser von 8 bis 10 Millimeter, Figur 51. Entfernt man den Draht etwas weiter von der Flüssigkeitsoberfläche, so gewinnt die Erscheinung der Reihe nach die in Figur 52 dargestellten Formen. Die Kugel geht in ein Ovoid über, an dessen Berührungsfläche mit dem Wasser leuchtende blaue Punkte erscheinen, die hierauf durch leuchtende blaue Strahlen in radialen Richtungen verbunden werden; diese blauen Strahlen gerathen dann in eine wirbelartige Bewegung nach der einen oder anderen Richtung, bis endlich die

Fig. 53.



Rheostatische Maschine.

rasche Drehung nur mehr eine Anzahl concentrischer blauleuchtender Ringe erkennen läßt.

Es ist wohl selbstverständlich, daß man die leuchtende Flüssigkeitskugel zur Wanderung über die Flüssigkeitsoberfläche veranlassen kann, wenn man den Platindraht über derselben so bewegt, daß seine Entfernung von der Fläche keine nennenswerte Aenderung erleidet. Planté ist es aber auch gelungen, ohne die Elektroden zu bewegen, einen langsam wandernden elektrischen Funken hervorzurufen. Es gelang ihm dies unter Anwendung einer Art Condensatoren-Batterie, der von ihm construirten **rheostatischen Maschine,** welche er durch seine Secundär-Batterien lud. Die einzelnen Condensatoren L L', Figur 53, bestehen aus Glimmerplatten, welche beiderseits mit Stanniolbelegungen versehen sind. Von sämmtlichen nach einer Seite gekehrten Belegungen sind Drähte derart geführt, daß sie sich gegen die vordere Seite der Com-

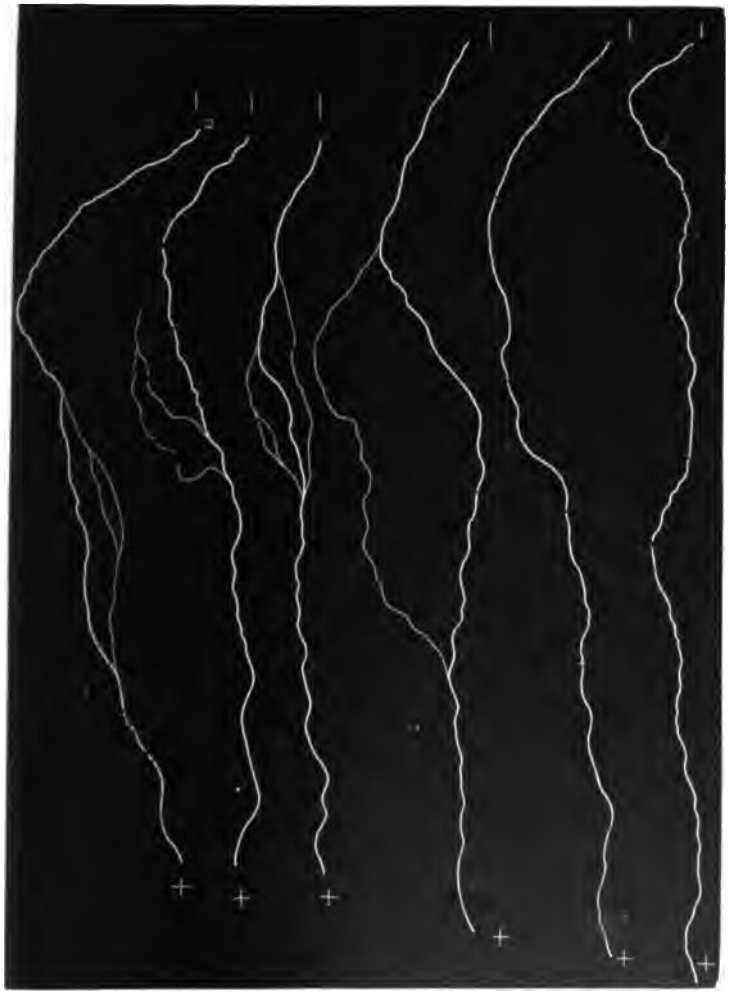
mutatorwalze r r' anlegen und von sämmtlichen nach der anderen Seite gekehrten Belegungen führen Drähte in ebensolcher Weise auf die rückwärtige Seite der Walze. Letztere, aus Ebonit gefertigt, ist mit zwei einander diametral gegenüber angebrachten Metallschienen versehen, deren eine in der Figur an der oberen Begrenzung der Walze zu sehen ist. Von diesen Metallschienen, je um einen Winkel von 90 Grad abstehend, ist eine Reihe von Metallstiften derart angeordnet, daß diese mit den Metalldrähten in Contact treten, sobald der Walze die in der Figur dargestellte Lage ertheilt wird. Von den Klemmen p p gehen Drähte aus, die sich an die eine, beziehungsweise andere Seite des Commutators anlegen. In diesen Klemmen werden ferner auch die Poldrähte der 600 oder 800 Secundär-Elemente befestigt. Dreht man nun die Commutatorwalze derartig, daß ihre metallischen Längsschienen mit den Schleifdrähten in Contact treten, so werden hierdurch offenbar alle nach einer Seite gekehrten Belegungen der Condensatoren mit dem positiven Pole, alle nach der entgegengesetzten Seite gekehrten Belegungen mit dem negativen Pole der Secundär-Batterie verbunden, und die Condensatoren werden geladen. Dreht man nun den Commutator um 90 Grade, so treten die Metallstifte mit den Schleifdrähten in Contact und bewirken hierdurch eine Hintereinanderschaltung sämmtlicher Condensatoren und die Verbindung der Endglieder mit dem Funkenzieher E E'. Um nun Ladungen und Entladungen in rascher Folge aufeinander bewirken zu können, ist der Commutator mit einem Zahnradgetriebe R versehen. In solcher Weise wird die durch die Secundär-Elemente begonnene Umwandlung von Quantitätsströmen in Spannungsströme durch die rheostatische Maschine noch weiter fortgesetzt, woraus schließlich Ströme resultiren, welche an Spannung den Inductionsströmen gleichkommen.

Mit einer rheostatischen Maschine, bestehend aus 80 Condensatoren, hat Planté zwischen den Spitzen des Entladers Funkenlängen von 12 Centimeter erzielt. Wurden die Spitzen des Entladers mit einer isolirenden Platte, welche unterhalb der Spitzen horizontal befestigt war, in Berührung gebracht, und hatte man diese Platte vorher mit Schwefelblumen bestreut, so konnten Funken bis zu 15 Centimeter Länge erhalten werden. War die isolirende Platte aus Harz und Paraffin hergestellt, so hinterläßt der Funke inmitten der von ihm erzeugten Furche eine bläuliche sehr scharfe Linie, eine vollständige Autographie seiner Bahn. Hiernach sind die in Figur 54 abgebildeten Funken und zwar in natürlicher Größe wiedergegeben.

Was nun den langsam wandernden Funken anbelangt, so wurde dieser mit Hilfe der rheostatischen Maschine in folgender Weise beobachtet. Setzt man die Belegungen eines Condensators mit den beiden Polen der Secundär-Batterie (von 800 Elementen) in Verbindung, so wird der Condensator ebenso

geladen wie eine Leydener Flaſche und gibt bei ſeiner Entladung ebenſolche Funken wie dieſe. Beſitzt aber die Glimmerplatte zufällig einzelne ſchwache

Fig. 54.



Bahnen elektriſcher Funken.

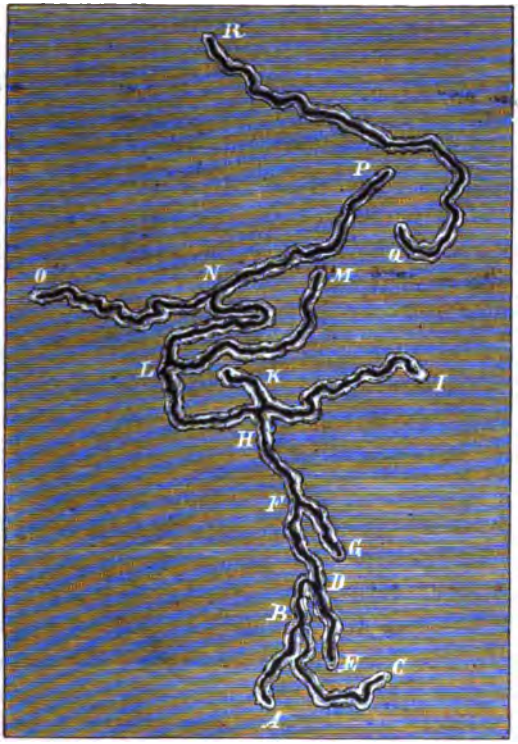
Stellen oder durch das Spalten des Glimmers hervorgebrachte Riſſe, ſo wird die Platte ſofort durchgeſchlagen, indem der Funke zwiſchen beiden Belegungen entſteht. Zwar iſt dieſer Funke nur eine momentane Erſcheinung, doch genügt

sie der bedeutenden Wärmewirkung wegen, das Metall (die Stanniolbelegung) und selbst die dazwischen liegende Glimmerplatte zu schmelzen und hierdurch eine kleine hellleuchtende Kugel zu bilden. Diese setzt sich mit einem eigenthümlichen Geräusche in Bewegung, die eingeschlagene Bahn durch eine tiefe unregelmäßig gewundene Furche in der Stanniolbelegung bezeichnend.

Die Figur 55 stellt in getreuer Wiedergabe die von einem solchen wandernden Funken auf einer Condensatorplatte zurückgelassene Spur dar. Der Funke erschien bei A, bewegte sich nach B und von hier aus nach C; hier verschwand er, um augenblicklich wieder in B aufzutauchen, von wo aus er seinen Weg über D nach E fortsetzte, in E abermals verschwand, sofort wieder in D erschien und seinen Marsch über F nach G fortsetzte u. s. w., wie dies aus der alphabetischen Aufeinanderfolge der Buchstaben zu erkennen ist. Zuweilen, wie auch im vorliegenden Falle (bei P) verschwindet der Funke und erscheint auf einer von der vorher beschriebenen Bahn abseits gelegenen Stelle (bei Q), bis er endlich ganz erlischt (bei R). Die Erscheinung hat ihr Ende erreicht, wenn die Glimmerplatte keine hinreichend dünne Stelle mehr besitzt. Die Richtungen, welche der Funke einschlägt, sind im Vorhinein nicht bestimmbar; nichts ist wunderbarer, sagt Planté, als der Marsch dieser kleinen blendenden Kugel, welche man langsam sich bewegen und die Punkte auswählen sieht, gegen welche sie sich, entsprechend den größeren oder kleineren Widerständen verschiedener Stellen der isolirenden Platte, richten muß. Der Condensator zeigt sich auf der Funkenbahn durchschnitten, während die Ränder des Schnittes von einer doppelten Perlenreihe, gebildet aus geschmolzenem Metall, eingefaßt erscheinen. Planté glaubt in der geschilderten Erscheinung eine Analogie zu Kugelblitzen erkennen zu sollen, bei welchen gleichfalls zuweilen ein langsames Wandern beobachtet worden ist.

Schließlich möge noch eine Lichterscheinung Erwähnung finden, welche von auffallenden mechanischen Wirkungen begleitet ist. Senkt man den negativen Poldraht in Salzwasser ein, Figur 56, während man den positiven Poldraht an die Gefäßwand anlegt, so bemerkt man neben der Lichterscheinung und den Dampfstrahlen eine heftige Bewegung des Wassers, eine Art elektrischer Springfluth, welche sich zu einer Höhe von 1·5 Centimeter über die Flüssigkeitsoberfläche erhebt. Begegnet sie hierbei auf gewissen Punkten ungleichen Widerständen, so kann sie sich theilen und erzeugt dann zwei oder drei Wasserberge, wie dies Figur 57 darstellt. Die mechanische Wirkung, das Heben des Wassers, wird nach Planté's Ansicht durch den Wasserdampf bewirkt, welchen der elektrische Strom bei seinem Zusammentreffen mit der Wasseroberfläche erzeugt; die Flüssigkeit wird nämlich an dieser Stelle durch den plötzlich entwickelten Wasserdampf zurückgestoßen und muß daher daneben in die Höhe steigen.

Fig. 55.

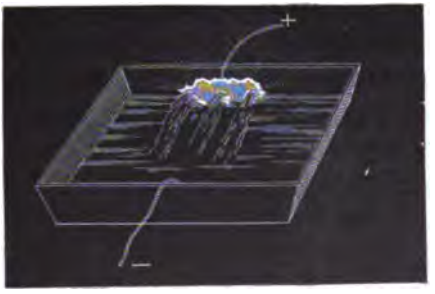


Funkenbahn.

Fig. 56.

Elektrische Springfluth.

Fig. 57.



Elektrische Springfluth.

4. Elektrische und magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes.

Zu den elektrischen und magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes übergehend, muß zunächst bemerkt werden, daß zu den ersteren die Erregung von Inductionsströmen, der Rückschlag und noch andere Erscheinungen gehören, die aber theils bereits weiter oben besprochen worden sind, theils für uns hier kein Interesse besitzen. Der Schilderung der magnetischen Wirkungen muß aber, des besseren Verständnisses wegen, das Wichtigste über den Magnetismus selbst vorausgeschickt werden.

Gewisse Varietäten eines Eisenerzes, welches unter dem Namen **Magneteisenstein** bekannt ist, besitzen die Eigenschaft, Eisenstücke, anzuziehen und festzuhalten. Läßt man an Stelle des Eisenstückes ein Stahlstück längere Zeit mit dem Erze in Berührung oder noch besser, streicht man ersteres mit letzterem, so erhält der Stahl gleichfalls dauernd die Eigenschaft, Eisenstücke anzuziehen und festzuhalten. Man nennt daher einen solchen Stahlstab einen künstlichen Magnet zum Unterschiede von dem natürlichen Magnete oder Magneteisenstein. Eine nähere Untersuchung des Magnetes lehrt, daß dessen Anziehungskraft nicht an allen Stellen gleich groß ist, daß er diese vielmehr an zwei Stellen besonders kräftig äußert, während zwischen diesen beiden bevorzugten Punkten eine Zone liegt, auf welcher die Anziehungskraft fast ganz verschwindet. Man nennt diese bevorzugten Punkte die Pole, die wirkungslose Zone die Indifferenzzone eines Magnetes. Man kann diese Vertheilung der magnetischen Kraft einfach in der Weise zeigen, daß man den Magnetstab in Eisenfeile legt; es häufen sich dann die Feilspäne an beiden Polen an, während sie die Indifferenzzone frei lassen, so daß der wieder herausgehobene Stab mit den daran hängenden Feilspänen den in Figur 58 wiedergegebenen Anblick gewährt.

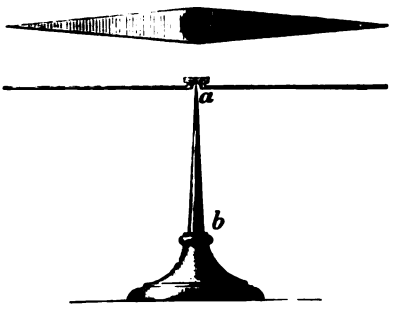
Hängt man einen Magnetstab derart auf, daß er sich in einer horizontalen Ebene vollkommen frei drehen kann oder setzt man eine Magnetnadel von der in Figur 59 abgebildeten Form in der Weise auf eine vertical stehende Spitze, daß die Nadel die angegebene Bewegung ungehindert ausführen kann, so nimmt sowohl der Stab als auch die Nadel nach länger oder kürzer dauernden Schwingungen stets wieder eine und dieselbe Lage ein und zwar derart, daß die Längsrichtung des Magnetes mit der Nord-Südrichtung zusammenfällt. Man nennt daher jenes Ende der Nadel, welches stets nach Norden zeigt, den Nordpol, das andere, immer nach Süden gerichtete, den Südpol. Hierbei fällt aber der magnetische Meridian, d. h. die durch die Längsaxe

der Magnetnadel gelegte Verticalebene nicht vollkommen genau mit dem Erdmeridian zusammen, sondern schließt mit diesem einen gewissen Winkel ein,

Fig. 58.

Magnetische Eisenfeile.

Fig. 59.

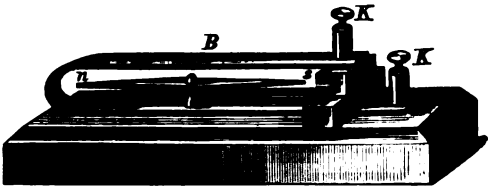


Declinationsnadel.

Fig. 60.

Inclinationsnadel.

Fig. 61.



Declinationsnadel mit Stromkreis.

welchen man die **Declination** nennt. Hängt man eine Magnetnadel derart auf, daß sie sich um eine horizontale Axe drehen kann, wie in Figur 60, so stellt sich die Nadel ebenfalls immer auf eine bestimmte Stellung ein. In unseren

Gegenden ist hierbei der Nordpol der Nadel nach abwärts gerichtet. Jenen Winkel, welchen eine solche Nadel mit der horizontalen Ebene einschließt, nennt man die **Inclination** der Nadel. Declination und Inclination sind veränderlich mit Zeit und Ort.

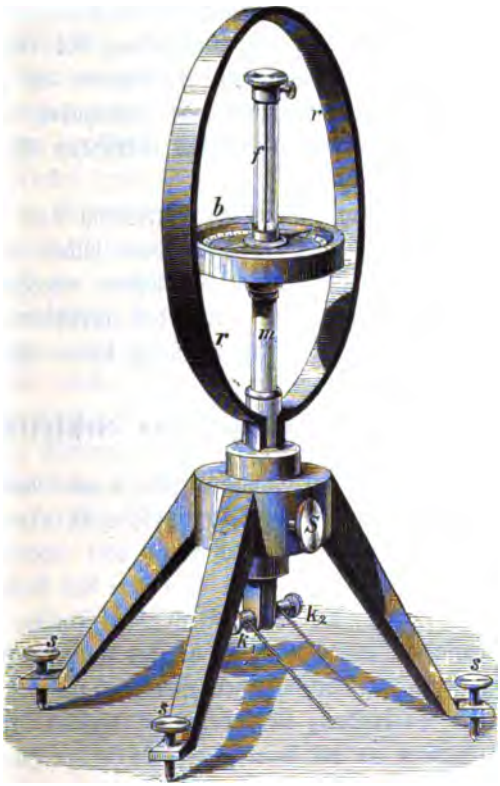
Die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes sind zweifacher Art: 1. Der elektrische Strom lenkt die Magnetnadel aus ihrer Nord-Süd-richtung ab; 2. Stahl und Eisen können durch den elektrischen Strom in Magnete verwandelt werden. Verbindet man den kupfernen Bügel B, Figur 61, an seinen Klemmen K K mit einer Elektricitätsquelle, so wird die Nadel n s durch den sie umkreisenden elektrischen Strom abgelenkt. Die Richtung ihrer Ablenkung hängt zwar von der Richtung des elektrischen Stromes ab, ist aber stets eine regelmäßige, die im Vorhinein bestimmt werden kann, sobald die Nadelpole und die Stromrichtung bekannt sind. Nach der Ampère'schen Schwimmerregel hat man sich nämlich eine menschliche Figur in der Richtung des (positiven) Stromes derart schwimmend zu denken, daß sie ihr Gesicht der Nadel zukehrt. Die Ablenkung der Nadel erfolgt dann in der Weise, daß der Nordpol zur linken Hand dieser Figur abgelenkt wird.

Der elektrische Strom sucht die Nadel stets in einer Richtung abzulenken, welche senkrecht steht, auf die Stromrichtung; dieser Senkrechtstellung der Nadel wirkt jedoch die magnetische Kraft entgegen. Unter Einwirkung dieser beiden Kräfte kommt daher die Nadel bei jener Ablenkung in die Ruhestellung, für welche sich die ablenkende Kraft des elektrischen Stromes und die zurückführende magnetische Kraft das Gleichgewicht halten. Bleibt die magnetische Kraft unverändert und werden überhaupt alle übrigen Verhältnisse bis auf die Stromstärke beibehalten, so wird die Größe der Ablenkung durch die Stärke des elektrischen Stromes bestimmt. Die Magnetnadel ist also ein treffliches Mittel zur Messung der Stromstärke und wird als solches in verschiedenen Instrumenten gebraucht. Eines dieser Instrumente ist die in Figur 62 dargestellte **Tangentenbussole.** In einem mit Stellschrauben s versehenen Dreifuße ist ein an seiner untersten Stelle aufgeschnittener Kupferring r vertical befestigt und läßt sich in einer konischen Bohrung des Dreifußes um eine verticale Axe drehen; die Schraube S dient zur Feststellung des Ringes, sobald dieser die gewünschte Lage erhalten hat. Jedes Ende des aufgeschnittenen Ringes trägt unten eine Klemmschraube (k_1 k_2) zur Aufnahme der Leitungsdrähte. Auf der vom Ringe isolirten Metallsäule m ist eine durch einen Glasdeckel geschlossene Büchse b aufgesetzt, welche die Magnetnadel enthält. Letztere ist an einem Coconfaden f befestigt, welcher in einem verticalen Glasrohre herabhängt. Die Glasbüchse enthält eine Kreistheilung, deren Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte des Kupferringes zusammenfällt. Die Magnetnadel

besteht aus einem kurzen Magnetstäbchen, welches auf beiden Seiten durch Glasfäden verlängert ist, so daß die Enden dieser gerade auf die Kreistheilung einspielen.

Bei dem beschriebenen Instrumente oder einem Instrumente ähnlicher Art wird aber ein sehr schwacher Strom keine Ablenkung der Nadel zu

Fig. 62.



Tangentenbussole.

bewirken vermögen. Um trotzdem auch solche Ströme messen zu können, führt man den Strom nicht nur in einem einzigen Kupferringe um die Nadel, sondern läßt ihn eine große Anzahl von Drahtwindungen, welche alle parallel nebeneinander um die Nadel geschlungen sind, durchlaufen. Da jede Windung auf die Nadel wirkt, so wird z. B. bei 1000 Windungen auch die Kraft beiläufig 1000 Mal größer. Derlei empfindliche Galvanometer nennt man **Multiplicatoren.**

Der elektrische Strom, kann andererseits, wie bereits erwähnt, unmagnetische Stahl- oder Eisenstäbe magnetisch machen. Stäbe oder Nadeln aus Stahl oder Eisen werden am einfachsten auf die Weise magnetisirt, daß man sie in ein Glasrohr bringt, um welches man in von einander wohl isolirten Spiralen einen Metalldraht führt, durch den der elektrische Strom geleitet wird. Hierbei erhält das weiche Eisen temporären Magnetismus, d. h. es bleibt so lange magnetisch, so lange der Strom auf das Eisen wirkt; der Stahl hingegen wird dauernd oder permanent magnetisch. War die in das Glasrohr eingeführte Nadel bereits vor Einwirkung des elektrischen Stromes magnetisch, so hängt es von der Richtung des letzteren ab, ob ihr Magnetismus verstärkt oder geschwächt, beziehungsweise aufgehoben wird. Im Allgemeinen nimmt die magnetisirende Kraft des elektrischen Stromes mit dessen Stärke zu.

Beiderlei Arten der magnetischen Stromwirkung sind gegenwärtig von höchster praktischer Bedeutung; die erstbesprochene bildet das Grundprincip vieler unserer elektrischen Meßinstrumente, die letztere ermöglicht uns die Herstellung von **Elektromagneten,** welche unter den verschiedensten Formen in fast allen Zweigen der Elektrotechnik Verwendung finden können.

5. Die physiologischen Wirkungen des elektrischen Stromes.

Jene Wirkungen, welche der Entladungsstrom auf lebende Körper äußert, faßt man unter der Bezeichnung physiologische Wirkungen zusammen. Läßt man den elektrischen Funken auf die Hand oder überhaupt eine unbekleidete Körperstelle überspringen, so fühlt man eine Art stechenden Schmerzes. Ist der Funke kräftig, z. B. der einer Kleist'schen Flasche, welche man in gewöhnlicher Art entladet, indem man sie bei der äußeren Belegung mit der einen Hand erfaßt, während man mit der anderen Hand die mit der inneren Belegung in leitender Verbindung stehende Kugel berührt, so verursacht das Ueberschlagen des Funkens an der betreffenden Stelle der Hand kein besonders schmerzliches Gefühl, aber man fühlt eine mehr oder minder heftige Erschütterung je nach der Stärke der der Flasche ertheilten Ladung. Bewirkt man jedoch die Entladung unter Anwendung eines dieselbe verzögernden Mittels, also unter Einschaltung eines feuchten Leiters in den Schließungsbogen, so ist, bei derselben Ladung der Flasche, die Erschütterung nur gering, während andererseits an der von der Entladung getroffenen Körperstelle ein ziemlich heftiger Schmerz fühlbar wird, der an jenen des Verbrennens erinnert. Der Entladungsschlag einer Kleist'schen Flasche mittlerer Größe ist bereits hinreichend, um Vögel zu tödten. Divisch tödtete auf solche Weise Hühner, behauptend,

ihr Fleisch werde dadurch schmackhafter. Der Entladungsschlag großer Batterien ist sowohl für Menschen als auch für Thiere lebensgefährlich. Den Entladungsschlag kann eine große Anzahl von Menschen gleichzeitig fühlen, wenn diese, sich bei den Händen haltend, eine Kette bilden, deren erstes Glied die Flasche in der Hand hält, während deren letztes Glied die freie Hand dem Knopfe der Flasche nähert. Continuirliche Ströme von nicht zu bedeutender Stärke durch den Körper geleitet, machen sich nur beim Schließen oder Unterbrechen des Stromes fühlbar, nicht aber so lange der Strom andauert. Sehr starke Ströme, mit wechselnder Intensität wirken jedoch während ihrer Dauer auf Nerven und Muskeln ein und können sogar eine dauernde Muskelzusammenziehung, den **Tetanus**, bewirken. Den im Ganzen noch nicht sehr vollständig studirten Wirkungen der Entladungsströme wurde in jüngster Zeit von Stein größere Aufmerksamkeit geschenkt. Interessant ist, daß durch solche Ströme, je nach der Art ihrer Anwendung, Muskelstarre und Unempfindlichkeit herbeigeführt, oder die bereits herbeigeführte wieder aufgehoben werden kann. Streicht man nämlich mit der positiven Elektrode einer, kräftige Entladungsströme abgebenden Elektricitätsquelle einen Arm in der Richtung von der Schulter zu den Fingerspitzen, so tritt sehr bald Muskelstarre und Unempfindlichkeit ein; diese wurden wieder aufgehoben, wenn man den Arm mit derselben Elektrode in entgegengesetzter Richtung strich. Dieselben Resultate können auch mit der negativen Elektrode erhalten werden, nur muß hierbei die Richtung des Streichens die entgegengesetzte sein. Mit galvanischen Strömen konnten derartige Wirkungen nicht erzielt werden.

Zweite Abtheilung.

Die Gewitter-Erscheinungen

im

Alterthume und in der Neuzeit.

I.

Gewitterbeobachtungen der Alten.

Es dürfte kaum einen Menschen geben, auf welchen das großartige und erhabene Naturschauspiel eines Gewitters ohne Wirkung bleibt. Den rohen, noch jeder Cultur baren Naturmenschen versetzt es in Angst und Schrecken, er glaubt hierin den Ausdruck des Zornes seiner Götzen und Dämonen erblicken zu sollen. Der aufgeklärte Naturforscher aber bewundert hierin das imposante Walten einer wunderbaren Naturkraft. So lange diese noch nicht als solche bekannt war, erkannten alle Völker im Gewitter eine Kundgebung ihrer Gottheiten. So nennt bereits die Bibel den Donner die Stimme Gottes, und auch die Griechen und Römer legten Blitz und Donner in die Hand ihrer höchsten Gottheit. Der Blitz und überhaupt alle leuchtenden Erscheinungen am Himmel galten ihnen als Vorbedeutung großer Ereignisse, als Ausdruck des Willens ihrer Götter und fanden aus diesem Grunde stets sorgfältige Beachtung. Es verlohnt sich daher wohl der Mühe, den Gewitterbeobachtungen der Alten, soweit dies nach den auf uns gekommenen Schriften derselben möglich ist, einige Aufmerksamkeit zu schenken.*)

Schon Aristoteles, welcher im Jahre 384 v. Chr. zu Stagira in Chalkidike geboren wurde und im Jahre 322 v. Chr. starb, unterschied in seiner Meteorologie verschiedene Arten des Blitzes; er nannte unvollständige Blitze solche, welche nicht bis auf die Erde herabgelangen, sondern in den Wolken bleiben. Seneca, geboren im Jahre 2 n. Chr. zu Corduba in

*) Dieser Gegenstand wurde ausführlich behandelt in: Urbanitzky, Elektricität und Magnetismus im Alterthume; A. Hartleben's Verlag, Wien 1886.

Spanien und gestorben im Jahre 65, nennt in seinen Naturbetrachtungen die unvollständigen Blitze des Aristoteles ein in die Breite entwickeltes Feuer, im Gegensatze zu dem gewöhnlichen Blitze, welcher ihm als zusammengedrängtes und mit Heftigkeit aus den Wolken geschleudertes Feuer erschien. Den unvollkommenen Blitz dachte er sich als eine Flamme, die ein Blitzstrahl geworden wäre, wenn sie mehr Kraft gehabt hätte. Das in warmen Sommernächten häufig sichtbare Wetterleuchten sollte aber von Wolken herrühren, die der Wölbung der Erde wegen nicht wahrgenommen werden können. Auch Blitze ohne Donner und Donner ohne Blitze sollen von den Alten beobachtet worden sein; so drückt sich z. B. Lucretius, welcher in der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts n. Chr. lebte, in seinem Lehrgedichte »Von der Natur der Dinge« in folgender Weise hierüber aus:

»Ebenso blitzt's bisweilen, wenn dünn nur am Himmel Gewölk steht:
Denn, wenn leicht nur der Wind dasselbe zertheilet im Laufe
Und auseinander es treibt, so müssen die Samen, woraus sich
Bildet der Blitz, aus ihm, selbst unfreiwillig, entfallen;
Aber geräuschlos zuckt und ohne zu schrecken der Strahl dann.«

Donner ohne Blitz entstehe nach Seneca aber dann, wenn die Luft nicht Kraft genug hatte zu einer Flamme, wohl aber zu einem Ton. Ueber die Frage, ob auch aus heiterem Himmel Blitze fallen können, waren die Ansichten der Alten getheilt. Der Blitz aus heiterem Himmel galt den Griechen als Zeichen von günstiger Vorbedeutung, als Zustimmung der Götter zu einem geplanten Unternehmen. Als Odysseus von seinen Irrfahrten zurückgekehrt war, flehte er, so erzählt Homer, um ein günstiges Zeichen, bevor er den Kampf mit den übermüthigen Freiern aufnahm, und

». . . . . den Flehenden hörte Kronion,
Und er donnerte schnell vom glanzerhellten Olympos
Hoch aus den Wolken herab. Da freute sich herzlich Odysseus.«

Seine treue Gattin aber vernahm das Zeichen und sprach:

»Wahrlich, du donnertest laut vom Sternenhimmel, und nirgends
Ist ein Gewölk; du sendest gewiß jemandem ein Zeichen.«

Die Römer hingegen erblickten in einer derartigen Erscheinung in der Regel ein Zeichen von unheilverkündender Vorbedeutung.

Entstehen Blitze auch in den Wolken, welche nicht aus Wasserdampf, sondern aus Rauch, Asche oder Sand gebildet sind? Die Alten bejahten diese Frage. Der Aetna hat zu Zeiten allzu viel Feuer gehabt, schreibt Seneca, da hat er denn eine ungeheure Masse brennenden Sandes ausgeworfen. Das Tageslicht war in Staub gehüllt, und die Menschen erschreckte plötzliche Nacht. Zu solcher Zeit, sagt man, habe es viel gedonnert und geblitzt, und das sei

durch das Zusammentreffen von trockenen Körpern, nicht von Wolken gekommen, und es ist auch wahrscheinlich, daß solche bei einer so glühenden Luft gar nicht vorhanden waren. Plinius der Jüngere beobachtete bei dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 79 n. Chr. Blitzerscheinungen. Bezüglich der Richtigkeit der Beobachtungen von Blitzen ohne Donner, Donner ohne Blitz, Blitzen aus heiterem Himmel oder doch aus einer kaum wahrnehmbaren Wolke und vulcanischen Gewittern ist zu bemerken, daß neuere, verläßliche Beobachtungen für das Eintreten solcher Naturerscheinungen unter gewissen Umständen sprechen; den diesbezüglichen Aufzeichnungen der Alten können daher auch ganz wohl richtige Beobachtungen zugrunde liegen.

Das pistolenschußähnliche Krachen des Donners, welches dem aus der Wolke niederfahrenden Blitz unmittelbar folgt, wurde der Donnerschlag genannt und dieser von dem Rollen des Donners unterschieden.

Da die Alten bereits beobachtet hatten, daß der Blitz nicht immer in derselben Form und unter denselben Umständen erfolgt, mußten sie natürlich auch zu einer **Unterscheidung der Blitzarten** gelangen. Daß sie hierbei die Unterscheidung nicht immer auf physikalischer Grundlage durchführten, kann schon deshalb nicht befremden, weil sie Blitz und Donner häufiger als von ihren Göttern gesandte Zeichen, wie als Naturerscheinung betrachteten. So erzählt **Cajus Plinius**, welcher im Jahre 23 n. Chr. geboren wurde und im Jahre 79 bei Beobachtung des Vesuvausbruches seinen Tod fand, in seiner 37 Bücher umfassenden Naturgeschichte, daß die Etrusker den Himmel in 16 Theile getheilt haben, um hiernach die Bedeutung jedes Blitzstrahles feststellen zu können. Sie schrieben die schrecklichste Bedeutung jenen Blitzen zu, welche in der Richtung von Westen nach Norden hin sichtbar wurden und betrachteten die zur linken Hand erscheinenden Blitze als glückverheißend. Die Chaldäer kannten einen Blitz des Gottes Bin, einen Blitz der Erde, einen Blitz des Wassers, einen Blitz der Nacht, einen Blitz der Sterne u. s. w., Bezeichnungen, welche in den Beschwörungsformeln ihrer Wahrsager gefunden wurden. Man unterschied auch, wie uns Seneca berichtet, auffordernde Blitze, durch welche unterlassene oder nicht gesetzmäßig vollzogene Opfer neuerdings verlangt wurden, ferner warnende, Tod verkündende, trügerische, d. h. unter Vorspiegelung eines Vortheils schadende Blitze; ferner erbittliche, die den Schein einer Gefahr bringen, ohne daß diese Gefahr wirklich eintritt, aufhebende, wodurch die Drohungen vorhergegangener Blitze zunichte gemacht werden, zu Gaste ladende Blitze u. s. w. Zu den abergläubischen Unterscheidungen der Blitzarten gehören auch jene, welche sich auf die Hand des Gottes, der den Blitz schleudert, und auf den Planeten, von welchem der Blitz ausgegangen

sein soll, bezieht. So ließen die Etrusker die Blitze durch die Hand Jupiters schleudern und unterschieden hierbei drei Arten. Die erste ist zur Mahnung und unschädlich, und diese schleudert Jupiter aus eigener Machtvollkommenheit. Die zweite sendet zwar auch Jupiter, aber erst, nachdem er sich mit den zwölf oberen Göttern berathen hat; diese bringt zwar Segen, aber doch nicht ohne jeden Schaden. Auch die dritte Art von Donnerschlägen kommt aus der Hand Jupiters, wobei jedoch auch die Zustimmung jener Götter vorhergehen muß, die man die verhüllten nannte. Diese Gattung ist verwüstend und macht ein Ende mit den Dingen und verändert rücksichtslos die Zustände des öffentlichen und Privatlebens; dieses Feuer läßt nichts Vorhandenes bestehen.

Andererseits trafen die Alten aber auch auf physikalischer Grundlage eine Unterscheidung der Blitzarten. Sie kannten einen blendend weißen und einen rothen rauchigen oder qualmigen Blitz, eine Unterscheidung, welche darin ihre Begründung findet, daß thatsächlich die zwischen den Wolken überschlagenden, dem Wetterleuchten ähnlichen Blitze von unbestimmter Form häufig röthlich gefärbt erscheinen, namentlich wenn man sie mit den scharfbegrenzten, linienförmigen Zickzackstrahlen der von den Wolken auf die Erde niederfahrenden Blitze vergleicht. Auch die gegenwärtig übliche Unterscheidung der Blitzarten, nach der Form der Blitze, wurde bereits von den Alten gebraucht. Seneca spricht in seinen Naturbetrachtungen von Blitzstrahlen, d. h. von blendend hellen, scharf begrenzten Lichtstrahlen, welche gewöhnlich in Zickzackform überschlagen und von diffusen oder Flächenblitzen, welche sich als plötzliches Aufleuchten der Wolken, Erhellen ihrer Begrenzungen darstellen; die Entstehung der Blitzstrahlen oder Linienblitze schrieb er dem äußerst heftigen, die Entstehung der Flächenblitze einem minder heftigen Aufeinanderprallen der Wolken zu, erstere sollten hierbei stets zur Erde herabgelangen, letztere aber aus Mangel an Kraft in den Wolken erstickt werden; sie wurden daher auch als unvollständige Blitze bezeichnet

». . . . . die Blitze behalten den Lauf nicht,
Ob sie auch häufig entglüh'n, da im Regensturm sie ersterben.«

Lucanus.

Eine eigenthümliche seltene Art von Blitzen, die eine mehr oder weniger kugelförmige Gestalt besitzen, keine große Helligkeit verbreiten, sich so langsam bewegen, daß ihre Bewegung leicht mit dem Auge verfolgt werden kann, und die häufig nach Art der Bomben platzen, bezeichnet man gegenwärtig als Kugelblitze. Haben die Alten auch solche beobachtet? Eine Stelle bei Seneca scheint sich allerdings auf diese seltene Naturerscheinung zu beziehen, nämlich jene, wo es heißt, eine Gattung von Blitzen sei zusammengeballt, schlüge alles

auseinander und habe in ihrer Kraftäußerung eine Beimischung von zusammengedrängter und stürmischer Luft; diese Art durchbohre nicht, sondern zerschmettere alles was sie trifft. Vielleicht sind hierher auch jene Blitze zu zählen, von welchen die Alten sagen, daß sie nahe der Erde und in geschlossenen Räumen auftreten. Das Herabgelangen der Kugelblitze aus der Wolke könnte hierbei leicht übersehen worden sein.

Bei den Blitzstrahlen oder Linienblitzen achteten die Alten auch sorgfältig auf die Richtung und auf den Verlauf des Blitzes. Nach Seneca's Ansicht geht der Blitz deshalb schräg, weil er aus Luft besteht; diese sei aber schräg und in Krümmungen. Da das Feuer von seiner Natur nach oben gezogen wird, und nur die Gewalt es niederwärts drückt, so fängt es an schräg zu gehen. Nach einem im Alterthume ziemlich allgemein angenommenen Glauben sollten die Blitze, nachdem sie die Erde erreicht hatten, wieder zum Himmel zurückkehren, weshalb auch sehr darauf geachtet wurde,

». . . . . wo der Blitz herflog und wohin er sich wandte,
Wie es geschah, daß solcher durch rings umschlossene Räume
Eindrang und, sich als Herr zu bethätigen, wieder emporfuhr.«

Lucretius.

Da in neuerer Zeit, aber allerdings nur in höchst seltenen Fällen, rückkehrende Blitze beobachtet worden sind, so kann obige Ansicht der Alten immerhin auf richtigen Beobachtungen beruhen, aber keineswegs als für alle Blitzschläge passend betrachtet werden.

Wenn aber die Alten behaupteten, daß der Blitz zuweilen oder immer in Stein- oder Schwefelform falle, so ist hierin zweifellos eine nur eingebildete Blitzart zu erkennen. Trotzdem war dieser Glaube nicht nur im Alterthume gang und gäbe, sondern er erhielt sich auch bis in das späte Mittelalter hinein, ja die bäuerliche Bevölkerung vieler Länder hält selbst gegenwärtig noch den Glauben an Blitzsteine oder Donnerkeile fest. Dieser Glaube hat sich, trotzdem ihm jede Berechtigung fehlt, doch so fest einwurzeln und so lange erhalten können, weil einerseits gewisse mechanische Wirkungen des Blitzes jenen eines mit Kraft geschleuderten Geschosses gleichkommen und weil andererseits Meteore zuweilen einen Feuerschweif nach sich ziehen und mit größerem oder geringerem Getöse explodiren. Der Sturz derartiger Aërolithen wurde im Volksglauben mit dem Blitzschlage identificirt und bekräftigte in solcher Weise den Glauben an Blitzsteine.

Auch die Wirkungen der Blitzschläge wurden von den Alten dazu benützt, um verschiedene Arten der Blitze festzustellen. Seneca sagt, Gattungen von Blitzen sind das, daß der eine bohrt, der andere auseinanderschlägt und der dritte zündet. Der, welcher bohrt, ist fein und flammenartig und kommt

311264B

durch die engſten Räume vermöge der reinen und ungemiſchten Dünne ſeines Feuers. Der, welcher auseinanderſchlägt, iſt zuſammengeballt und hat in einer Kraftäußerung eine Beimiſchung von zuſammengedrängter und ſtürmiſcher Luft; er zerreißt, was er trifft und durchbohrt es nicht. Die dritte Gattung, welche zündet, hat viele Erdbeſtandtheile und iſt mehr feuer- als flammenartig. Daher läßt ſie bedeutende Feuermale zurück, die an den getroffenen Körpern haften. Ohne Feuer kommt zwar durchaus kein Blitz, nur wird derjenige im eigentlichen Sinne feurig genannt, der offenbare Brandſpuren aufdrückte. Dieſer zündet entweder oder er ſchwärzt.

Ebenſo ſorgfältig wie auf die Erſcheinung wurde auch auf die **Wirkungen des Blitzes** geachtet; aber auch hier findet man ganz richtige Beobachtungen neben eingebildeten. Es war den Alten nicht entgangen, daſs der Blitz hochgelegene Objecte vorzieht, alſo häufig die Gipfel der Berge trifft; Seneca erklärt dies damit, daß die Bergſpitzen den Wolken gegenüberſtehen und die Blitze, indem ſie vom Himmel fallen, hier vorbei müſſen. Plinius aber behauptet, der Blitz dringe nie tiefer als fünf Fuß in die Erde ein; Kaiſer Auguſtus verkroch ſich daher bei herannahendem Gewitter ſtets in einen tief gelegenen überwölbten Raum. Ziemlich allgemein glaubte man, daß der Blitz nie den Lorbeer, den Feigenbaum, die weiße Rebe, die Zwiebel und die Trüffel treffe, daß er ſtets den Stein gorgonia (d. h. die Koralle), den Adler, die Hyänen, Krokodile, Robben und Flußpferde verſchone, hingegen die Drachen in der Luft verfolge und tödte und den Wels und den Karpfen in Erſtarrung verſetze. Tiberius bekränzte ſich daher während eines Gewitters mit Lorbeer, während Auguſtus immer ein Seehundsfell trug. Bei den Chineſen gelten der Maulbeer- und der Pfirſichbaum für gute Blitzſchutzmittel. Plinius erzählt, daß beim Donnern vom Kopfe der Schildkröten der Stein brontea fällt, welcher die Eigenſchaft haben ſoll, alles zu löſchen, was durch den Blitz entzündet wurde. Dieſelbe Kraft ſollen auch noch die Steine ombria oder notia und ceraunia, die gleichzeitig mit dem Gewitterregen fallen, beſitzen.

Homer, Virgil, Seneca, Plinius u. A. erwähnen häufig des Schwefelgeruches, welchen der Blitz hervorruft oder bezeichnen den Blitz ſelbſt als Schwefelflamme. So ſagt Homer:

»Furchtbar erſcholl ſein Donner daher, und der leuchtende Strahl ſchlug
Schmetternd hinab in den Grund vor dem raſchen Geſpann Diomedes:
Schrecklich lodert' empor die ſchweflichte Flamme des Himmels.«

Ilias.

»Und nun donnerte Zeus, der hochgeſchleuderte Strahl ſchlug
Schmetternd in's Schiff; und es ſchwankte vom Donner des Gottes erſchüttert,
Alles war Schwefeldampf, und die Männer entſtürzten dem Boden.«

Odyſſee.

Hierzu möge vorläufig bemerkt werden, daß der Blitz in der feuchten Luft thatsächlich reichlich Ozon entwickelt und auch Salpetersäure bildet; der Geruch dieser den Alten unbekannten Körper mag den Glauben an Schwefeldampf hervorgerufen haben. Ueberdies bieten auch die getroffenen Gegenstände selbst zuweilen Gelegenheit zur Entwicklung verschiedener Dämpfe. Es ist aber selbstverständlich unrichtig, zu glauben, daß Schwefeldämpfe einen Theil oder gar den ganzen Blitz selbst ausmachen.

Die alten Beobachtungen specieller Wirkungen des Blitzes können unterschieden werden in solche, welche sich auf die unorganische Natur, in solche, welche sich auf das Pflanzenreich und endlich in solche, welche sich auf das Thierreich, beziehungsweise auf den Menschen erstrecken. In die erste Gruppe gehört die in den Schriften der Alten vielfach erwähnte Beobachtung, daß der Blitz brennbare Stoffe entzündet, oft große Feuersbrünste verursacht, ganze Wälder oder Stadttheile in Asche legt, oder andererseits bei geringerer Intensität die getroffenen Körper nur ansengt, schwärzt oder deren Farbe oberflächlich ändert. Man wußte auch, daß der Blitz feste Körper durchdringen kann, ohne sie zu verletzen (es müssen dies, wie wir gegenwärtig wissen, Leiter der Elektricität sein), daß er sie aber auch mit Hinterlassung feiner Oeffnungen durchsetzen kann. Zuweilen fährt er hingegen mit zermalmender Kraft herab, so

» . . . . . daß mit dem Schlag er Thürme vermag zu zerspalten,
Wohnungen niederzuschmettern, hinweg das Gebälk zu reißen,
Auch Denkmale, zur Ehre von Männern errichtet, zu stürzen.«

Lucretius.

Aristoteles läßt die Luft mit dem Donnerschlage zugleich das Holz zersplittern und Plutarch erzählt vom Aufreißen der Erde durch Blitzschläge. Ebenso wurden wiederholt Fälle beobachtet, in welchen der Blitz die getroffenen Objecte fortgeschleudert, sie also an einen von der Einschlagstelle entfernten Ort befördert hatte. So erzählt z. B. Plutarch (geboren 50 n. Chr. zu Chaeronea, gestorben im Jahre 120) in seinen römischen Fragen, daß eine Jungfrau, Namens Elbia (Helvia) reitend sammt dem Pferde vom Blitze getroffen wurde; man fand das Gewand der Jungfrau herabgerissen, Schuhe, Ringe und Kopfbedeckung, getrennt von ihr, zerstreut liegen und den Mund der Zunge beraubt.

Mit einiger Vorsicht sind die Berichte über Metallschmelzungen durch den Blitz aufzunehmen, da sie, verglichen mit modernen Beobachtungen, in der Regel übertrieben zu sein scheinen. Aristoteles behauptet, man habe das Kupfer auf einem Schilde schmelzen gesehen, ohne daß zugleich das Holz beschädigt worden wäre. Wiederholt begegnet man der Angabe, daß der Blitz

Gold, Silber und Kupfer in den Beuteln schmelze, ohne letztere zu verbrennen, oder auch nur das Wachssiegel zu verletzen, daß er den Degen in der Scheide schmelze, das Holz der letzteren aber unversehrt lasse, daß er Statuen und Inschriften abschmelze und dergleichen mehr. Es ist nun allerdings nicht unmöglich, daß die Alten einige Fälle ausnahmsweise bedeutender Schmelzungen beobachtet haben, aber immerhin wird man gut thun, derartige Erzählungen nicht für absolut verbürgt zu halten.

Da den Alten die elektrische Natur des Blitzes unbekannt war, die elektrischen Erscheinungen überhaupt nicht als Wirkungen einer eigenen Naturkraft betrachtet wurden, konnten auch die Elektricitätsleiter nicht von den Isolatoren unterschieden werden. Daher sind auch die Folgerungen, welche die Alten aus ihren Beobachtungen zogen, häufig unrichtig. Nach Plutarch sollen die festen Körper, wie Eisen, Erz, Silber und Gold das Eindringen des Blitzstrahles verhindern und daher infolge ihres Widerstrebens und Entgegenstemmens zerstört und geschmolzen werden; durch lockere Körper dagegen, welche viele Durchgänge haben und infolge ihrer Weichheit Platz machen, geht der Strahl, ohne sie zu berühren, hindurch, wie bei Kleidern und dürrem Holze; das grüne Holz aber verbrennt, weil es durch seine Feuchtigkeit den Blitz anzieht und sich daran entzündet. Thatsächlich verhält sich die Sache aber so: der Blitz beschädigt oder zerstört die getroffenen Gegenstände in der Regel destoweniger, je besser sie ihn zu leiten vermögen und wird somit im allgemeinen metallischen Körpern wenig anhaben. Hingegen zertrümmert und zersplittert er oft Steine und Holz mit ganz außerordentlicher Gewalt; größere Metallmassen scheint er nur in äußerst seltenen Fällen zu zertrümmern. Hiernach kommt Seneca der Wahrheit jedenfalls näher als Plutarch, wenn ersterer sagt, daß der Blitz an einem Baume das verbrennt, was ganz dürr ist; was aber recht fest und hart ist, das durchbohrt und zerbricht er; die äußersten Rinden schlägt er auseinander, den Bast im Innern des Baumes zerreißt und spaltet er; die Blätter werden zermalmt und zerdrückt; die Zweige der getroffenen Bäume richten sich gegen den Blitz.

Auffallend ist die von verschiedenen Schriftstellern der Alten vorgebracht Behauptung, daß der Blitz imstande sei, den Wein in vollkommen verschlossenen Gefäßen vollständig zu verzehren, ohne die Gefäße auch nur im Geringsten zu beschädigen:

»Auch daß plötzlich der Wein aus ganz unversehrtem Gefäß flieht,
Wirket er, weil gar leicht er die sämmtlichen Seiten desselben
Lockert und dünner sie macht, indem mit Glut er hineinfährt,
So, daß er in das Gefäß selbst eindringt und die gesammten
Stoffe des Weines auflöst und davonführt durch die Bewegung.«

Lucretius.

Es bedarf wohl nicht erst der Bemerkung, daß derartige Beobachtungen zu den eingebildeten zu rechnen sind. Die dem Blitze zugemuthete Rolle dürften aller Wahrscheinlichkeit nach die ebenso verschmitzten als trunksüchtigen Sclaven gespielt haben.

Bemerkenswert sind aber die Ansichten, welche Plutarch in seinen physikalischen Fragen über die Wirkung des Blitzes auf die Vegetation ausspricht. Plutarch hält die Gewitterregen für befruchtend und sucht dies zu erklären, indem er den Blitzen eine reinigende Kraft zuschreibt, welche veranlaßt, daß nur den Pflanzen förderliche Stoffe mit dem Regenwasser herabfallen. Ganz mit Unrecht wurde hingegen mehrfach behauptet, der Blitz erzeuge die Trüffel oder zeige doch wenigstens ihren Standort dadurch an, daß er daselbst die Erde spalte. Auch im Thierreiche schrieb man dem Blitze eine ähnliche Wirkung zu; er sollte nämlich in der Perlmuschel den Kern der Perle bilden oder doch wenigstens ihr Entstehen begünstigen. Allerdings wurden diesen Behauptungen auch gegentheilige gegenübergestellt.

Ganz richtig beobachtet, aber falsch erklärt, wurde die Thatsache, daß sich das Licht schneller fortpflanzt wie der Schall und daß daher der Blitz früher gesehen wird, als man den Donner hört. Noch schneller als der Blitz, sagt Plinius, ist die Luft (welche dem Blitze vorhergeht, folgt und ihn begleitet) und daher wird alles vorher erschüttert als vom Strahle getroffen; es kann folglich niemand vom Blitze erschlagen werden, der diesen gesehen oder den Donner gehört hat. Bekanntlich findet diese Thatsache ihre richtige Begründung nicht in der Wirkung einer dem Blitze vorauseilenden Luft, sondern in der außerordentlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität.

Mancherlei wußten die Alten auch von der Wirkung der Gewitter auf Menschen zu erzählen. Plutarch behauptet in seinen Tischreden, man wisse schon von unzähligen Leuten, die infolge des Donners gestorben seien, aber ohne daß man ein Wund- oder Brandmal an ihnen fand, sondern offenbar nur aus Angst der Seele, welche wie ein Vogel aus dem Körper wegflog,

»Denn viele bringt die Donnerstimm' unblutig um.«

Während einige Autoren der Ansicht waren, daß die Leichname der vom Blitze Erschlagenen der Verwesung nicht unterlägen, vertraten andere die richtige Ansicht, daß auch diese in Fäulniß übergehen. Hunde und Raubvögel sollen die vom Blitze getödteten Menschen nicht fressen, da solche einen scharfen, dem Schwefel ähnlichen Geruch besäßen. Sehr verbreitet war der Glaube, der Schlafende sei vor dem Blitzstrahle geschützt. Plutarch erklärte sich diesen angeblichen Schutz in nachstehender Weise: Im Schlafe wird der Körper schlaff und locker, abgespannt und aufgelöst, und bekommt, weil der Lebensgeist nach-

gibt und ihn verläßt, viele Poren; er setzt daher dem sanft und geschwind hindurchfahrenden Blitze keinen Widerstand entgegen. Letzterer zerstört aber, wie bereits erwähnt, nur widerstandleistende, harte Körper, folglich nicht den schlafenden Menschen. Es muß jedoch hierzu bemerkt werden, daß Plinius diesen Glauben nicht theilte. Ganz allgemein hielt man es für eine besondere Gunstbezeugung der Götter, für ein äußerst glückverheißendes Vorzeichen, wenn der Blitz einen Menschen traf und diesen gar nicht oder nur unerheblich verletzte. Ja selbst das Einschlagen des Blitzes auf Statuen berühmter Männer oder auf deren Grabmäler galt als Zeichen göttlicher Gnade.

Die Alten führten in keiner Weise systematische oder längere Zeit umfassende Beobachtungen durch, und verfügten daher weder über ein sehr umfangreiches, noch über ein verläßliches Beobachtungsmateriale. Trotzdem trieb sie ihre mehr speculative Richtung dazu, zahlreiche **Erklärungen der Gewittererscheinungen** zu versuchen. Die Frage, was der Blitz sei, fand darin ihre Beantwortung, daß man ihn für ein Feuer erklärte, jedoch für ein Feuer, welches man für viel feiner und durchdringender hielt als das gewöhnliche:

»Weil vom himmlischen Feuer des Blitzes behaupten sich ließe,
Daß es von fein'rer Natur, aus kleinern Figuren bestehe,
Deshalb auch durch Oeffnungen dringe, durch welche das Feuer
Nimmer zu bringen vermag, das aus Holz und Fackeln entstehet.«

Lucretius.

Bezüglich der Entstehung des Blitzfeuers gingen jedoch die Ansichten der Philosophen sehr auseinander. Der Hauptsache nach lassen sie sich aber in drei Gruppen zusammenfassen. Entweder wurde angenommen, das Blitzfeuer entstehe in den Wolken im Augenblicke des Losbrechens der Blitze, oder man dachte sich dasselbe schon vorher, aber im verdünnten Zustande, in den Wolken existirend, oder endlich, man glaubte, das Feuer komme aus höheren Regionen und durchsetze bloß die Wolken.

Die Philosophen, welche sich zu der ersten Lehrmeinung bekannten, hielten den Blitz für eine Art Hauch, Dunst oder Wind (pneuma, spiritus), der sich beim Ausbruche aus der Wolke entzündet. Anaximander nannte das Wetterleuchten ein Hin- und Herwerfen der Luft, die auseinandergeht und wieder zusammenschlägt, wodurch ein mattes Feuer zum Vorschein komme, das nicht weiter hervortreten kann, der Blitz aber sei der Lauf einer schärferen und dichteren Luft. Von Seite der Stoiker, d. h. jener Philosophen, welche unter Säulengängen wandelnd ihre Lehren vortrugen, wurde angenommen, daß von der Erde aus kalte Aushauchungen emporsteigen, die Winde bilden, wenn sie flüssig werden, aber Blitz und Donner erzeugen, wenn sie sich in

eine Wolke eindrängen und einen ganz dünnen Theil derselben zu spalten und zu zerreißen beginnen. Diese Lehrmeinung war nicht nur im Alterthume gang und gäbe, sondern sie erhielt sich bis in das späte Mittelalter und stand sogar noch bis zu Franklin's Zeiten in Ansehen.

Die Entzündung der Ausdünstungen aus der Erde beim Durchbrechen der Wolken schrieb man gewöhnlich der Reibung an den Wolken zu. Seneca glaubte die Entzündungsursache in allen jenen Umständen erkennen zu sollen, welche auf der Erde Feuer hervorrufen. Auf dieser aber entstünde das Feuer in zweierlei Weise: für's Erste, indem es hervorgelockt wird wie aus dem Steine; für's Zweite, indem man es durch Reiben zu Tage fördert, wie z. B. durch Reiben zweier Holzstücke. So sei es denn wohl möglich, daß auch die Wolken auf dieselbe Weise Feuer geben, sei es durch Anschlagen oder durch Reiben. Es sei keineswegs auffallend, daß Luft durch Bewegung entzündet wird, denn es schmilzt ja eine mit der Schleuder geworfene Bleikugel und fällt durch die Reibung der Luft, wie durch Feuer, in Tropfen herab.

Die zweite Ansicht ging, wie oben angedeutet, dahin, daß die Feuerstoffe bereits in den Wolken vorhanden seien; der Blitz stelle dann das gewaltsame Durchbrechen der Wolken durch diese Feuerkeime in großer Masse dar.

»Ebenso blitzt's, wenn gesammeltes Feuer in Meng' aus den Wolken
Durch den Zusammenstoß sich herausschlägt, wie wenn den einen
Stein an den anderen Stein und an Eisen man schläget, denn hier auch
Springt dann Feuer heraus und ringsum sprühen die Funken.«

— — — — — — — — — — — — — — —

»Hat der erhitzete Wind nun die finstere Wolke zerrissen,
Streut er die Samen der Glut, die gleichsam Gewalt ihm erpreßte,
Plötzlich hinaus, und es entstehen die zuckenden Flammen.«

Lucretius.

Nach der dritten Annahme endlich soll der Blitz aus Regionen kommen, die sich über den Wolken befinden, aus dem Aether, der Sonne oder aus den Sternen. Man dachte sich das Blitzfeuer als von den Wolken gefangen gehaltene Sonnenstrahlen oder als Feuer, welches von der mächtigen Glut des Himmels herabgefallen sei und zurückgehalten werde. Alle Blitze, welche Wichtigkeit besitzen in Bezug auf die Vorherverkündigung der Zukunft, kommen, nach Plinius, direct von den Sternen herab. Als solche Gestirne werden bei den Chaldäern oder Babyloniern und ebenso bei den Etruskern hauptsächlich der Jupiter aber auch der Mars und der Saturn bezeichnet. Epigenes ein Schüler der Chaldäer lehrte, wie uns Seneca berichtet: Der Saturn zieht, wenn er an die dem Mars zunächst stehenden Sternbilder streift, oder in die Nachbarschaft des Mondes tritt, oder in die Strahlen der Sonne

hineinfällt, da er von Natur aus windig und frostig ist, an mehreren Stellen die Luft zusammen und ballt sie zu Kugeln. Hat er dann die Strahlen der Sonne angenommen, so donnert und blitzt er, vereinigt sich aber auch der Mars mit ihm, so schlägt er ein.

So viel über die Erklärungen der Entstehung des Blitzes; wie aber erklärten sich die Alten sein rapides Herabfahren auf die Erde und sein sonstiges Verhalten? Die wunderbare Geschwindigkeit des Blitzes war, wie bereits erwähnt, den Alten nicht entgangen. Wir sehen aber das Blitzen früher, als wir ein Getöse vernehmen, sagt Seneca, weil die Empfindlichkeit des Auges schneller ist und dem Ohre weit vorangeht. Das Feuer des Blitzes scheint uns eine Linie, weil es in einem Augenblicke den Raum durcheilt, und unseren Auge die ganze Stelle entgegentritt, die der Blitz durchzuckte. Allein sein Feuer ist kein solcher Körper, der sich über den ganzen Raum seiner Bahn erstreckt. Aber auch die Ansicht, der Donner entstünde erst beim gänzlichen oder theilweisen Erlöschen des Blitzes, fand ihre Vertreter; hiernach bedurfte es natürlich keiner weiteren Erklärung dafür, daß der Donner später wahrgenommen wird als der Blitz.

Die außerordentliche Geschwindigkeit des Blitzfeuers und seine Bewegung nach abwärts, gegen die Erde, boten den Alten für die Erklärung der Erscheinung eine Schwierigkeit dar, über welche sie nicht hinauskamen. Plinius meint, von den Sternen löse sich das Blitzfeuer ebenso los, wie vom brennenden Holze glühende Theilchen herabfallen. Die Planeten werden hierzu angereizt durch die Feuchtigkeit der darunter befindlichen Wolken, und deshalb entstünden nur bei bewölktem Himmel Blitze. Seneca hingegen erklärt, daß bei den Funken allerdings das Gewicht derselben ihren Fall bewirken kann, daß diese Ursache aber nicht für die Bewegung des vollkommen reinen Feuers des Blitzes gelten könne; diesen drücke vielmehr irgend eine Kraft niederwärts, die nicht im Aether ist. Aristoteles ging von der falschen Voraussetzung aus, daß ebenso wie die Temperatur der Luft nach oben zu immer mehr abnimmt, auch die Dichte derselben zunehme; der Blitz soll dann, stets den Weg der geringer werdenden Widerstände wählend, aus diesem Grunde abwärts gehen. Ebenso ungenügend wie durch Aristoteles, Seneca und Plinius wurde die rasche Abwärtsbewegung des Blitzes größtentheils auch durch die anderen Philosophen erklärt.

Nachdem die Alten den Blitz materiell auffaßten, d. h. in dieser Erscheinung das Herabgelangen irgend einer Materie (comprimirte Luft, Qualm, erdige Bestandtheile, Donnerkeile) sahen, mußten sie sich auch offenbar die Frage vorlegen: was wird aus dem Blitze nach dem Einschlagen? Ein sehr verbreiteter Glaube war, der Blitz kehre wieder zu den Wolken zurück, was

die Dichter in der Weise allegorisch andeuteten, daß sie diese Aufgabe dem Adler Jupiters übertrugen. Andere glaubten auch, der Blitz bleibe liegen, wenn sein Nahrungsstoff zu schwer geworden. Lucanus läßt (in der Pharsalia) den Blitz in die Gebäude eindringen, dieselben verwüsten und zerstören, darauf aber seine Feuer wieder sammeln und zum Himmel zurückkehren. Vielfach fand auch der Glaube Anklang, daß der Blitz sich in Schwefel oder Stein verwandle. Die Annahme einer solchen Umwandlung in feste Körper kann nicht befremden, wenn man erwägt, in welcher Weise sich die Alten die Entstehung der Blitze dachten: trockene Ausdünstungen der Erde sollten dieselben bilden, welche allein, oder sogar gemischt mit erdigen Bestandtheilen, zu den Wolken aufstiegen. So naiv diese Anschauungsweise gegenwärtig auch erscheinen mag, muß doch daran erinnert werden, daß an ihre Stelle bis in das XVII. Jahrhundert keine bessere Theorie gesetzt wurde. Descartes (Cartesius) schrieb noch: Der Blitz kann sich zuweilen in einen sehr harten Stein verwandeln, welcher alles, was ihm begegnet, zertrümmert. Um aber die Richtigkeit dieser Ansicht zu beweisen, schlägt Descartes ein Experiment vor. Man mische eine gewisse Erde, Salpeter und Schwefel, entzünde das Gemenge und sofort wird ein Stein sich bilden.

Der Donner wurde am häufigsten auf dieselben Ursachen zurückgeführt, wie das Losbrechen des Blitzes, also auf den Zusammenstoß der Wolken, Brechen derselben durch den Wind, Ausbruch der Feuermassen u. s. w. Andererseits verglich man ihn aber auch mit dem Geräusche, welches durch plötzliches Abkühlen glühender Massen in Wasser erzeugt wird, oder auch mit dem Prasseln gewöhnlichen Feuers. Aristoteles findet eine Aehnlichkeit zwischen dem plötzlichen Ausstoßen eines Rauchstrahles aus brennendem Holze und jenem des Blitzfeuers aus der Wolke; der schwache Knall bei der ersterwähnten Erscheinung sei dasselbe im Kleinen, was der Donner im Großen. Die Verschiedenheit des Donners erkläre sich aber durch die Verschiedenheit der Wolkenformen und durch das wiederholte Zurückwerfen des Schalles in den Höhlungen der Wolken. Der Donnerschlag, welcher erfolgen soll, wenn plötzlich die zusammengeballte Wolke mit Heftigkeit platzt, wird von Seneca mit dem Platzen einer Blase oder unserem Haupte verglichen. Wie die Hände, gegeneinander geschlagen, ein Klatschen hervorbringen, ebenso soll auch durch den Zusammenprall großer Wolkenmassen ein mächtiger Knall entstehen.

Auch über die zeitliche Vertheilung der Gewitter sprachen die Alten ihre Ansicht aus; dieselbe beruhte aber nicht auf Beobachtung, sondern war nur ein Anpassen an die angenommenen Theorien. Da nun die meisten Philosophen des Alterthums das Entstehen von Blitz und Donner an das Vorhandensein von Wärme und Feuchtigkeit, beziehungsweise Hitze und Kälte

gebunden hielten, glaubten sie auch, Gewitter müßten am häufigsten im Herbst und Frühjahr auftreten.

»Meist in der Herbstzeit wird das mit glänzenden Sternen geschmückte
Himmlische Haus und der Erdkreis rings (vom Donner) erschüttert,
Ebenso, wann sich die Zeit aufschließet des blühenden Lenzes;
Denn, da im Winter an Feuer es fehlt, im Sommer an Winden,
Zeigen die Wolken sich da als von nicht so dichtem Bestande.«

Lucretius.

Lucretius und Plinius halten Wärme und Kälte, Winde und Feuchtigkeit für nothwendig zur Bildung von Blitzen und erblicken daher in Herbst und Frühling, den Grenzlinien zwischen Sommer und Winter, wo sich Kälte und Wärme bekämpfen, die günstigsten Jahreszeiten. Im Winter seien die Blitze selten, meint Plinius, weil die Erde erstarrt ist und aller Feuerstoff erlöscht, und daher sind auch alle kalten Länder frei von Blitzen; da aber umgekehrt zu große Hitze nur die Bildung dünner Wolken gestattet, also keine Verdichtung trockener Dünste zustande kommen läßt, so gibt es auch in heißen Ländern, z. B. in Aegypten, keine Blitze. Italien sei häufig von Blitzen heimgesucht, da die milde Luft des Winters und die Feuchtigkeit des Sommers gewissermaßen den Verhältnissen im Frühling und Herbst entspricht, was in anderen Ländern nicht der Fall sei. Seneca glaubte hingegen, im Sommer entstünden die meisten Blitze und zwar deshalb, weil da am meisten warmer Stoff vorhanden ist. Aristoteles hielt wieder die Nord- und Nordwestwinde zur Blitzbildung für besonders günstig, weil diese Abkühlung bringen und letztere die Ursache der Zusammenpressung von Dünsten sei. Die Richtigkeit dieser Ansicht erhelle aus der Häufigkeit der Hagelfälle bei Gewittern.

Zur Vervollständigung der Gewittertheorien ist noch einiger Erklärungsversuche der Alten zu gedenken, welche sich auf die Wirkungen des Blitzes beziehen. Nach Demokritos werden nur feste Körper, wie Eisen, Erz, Silber nnd Gold, vom Blitze zerschmettert oder geschmolzen, weil sie sich dem Eindringen des Blitzfeuers widersetzen, ihm bedeutenden Widerstand leisten; hingegen bleiben lockere Körper verschont, da sie ihrer vielen Durchgänge und ihrer Weichheit wegen das feinstoffige Blitzfeuer ungehindert durchlassen, wie das z. B. bei Kleidern und dürrem Holze der Fall sei; das feuchte Holz soll hingegen deshalb verbrennen, weil es durch seine Feuchtigkeit den Blitz anzieht und sich daran entzündet. Auch die angebliche Verschonung schlafender Menschen durch den Blitz wurde, wie oben gezeigt, durch dessen Widerstandslosigkeit erklärt. Nach Lucretius theilt sich die Feinstoffigkeit des Blitzfeuers dem Weine mit, und hierin liegt die Ursache, daß sich der Wein aus vollkommen verschlossenen Gefäßen verflüchtigen könne, ohne die Gefäße zu beschädigen. Ob

ein Blitz zündet oder nicht, hängt nach Aristoteles von der Schnelligkeit seiner Bewegung ab; so ist die Geschwindigkeit des blendend hellen Blitzstrahles zu groß, um die getroffenen Gegenstände zu entzünden. Diese Unterscheidung in zündende und nicht zündende Blitze ist natürlich nur eine willkürliche, die jeder sachlichen Begründung entbehrt. Der Wind, welcher schneller als der Blitz ist, und diesem vorauseilen soll, ist nach Aristoteles, Seneca und Plinius die Ursache, warum alles heftig bewegt wird, bevor der Blitzschlag erfolgt und dient, wie sich Plutarch ausdrückt, dem die Erde spaltenden Blitzstrahle gewissermaßen als Nagel.

Die zerschmetternde und zertrümmernde Kraft des Blitzes schrieb man dem Stoße der Feuermasse und ihrer ungewöhnlichen Schnelligkeit zu, beziehungsweise der Geschwindigkeit jener Luft, welche nach Ansicht der Alten dem Blitzstrahle vorhergehen, ihn begleiten und ihm nachfolgen soll. Für eine gewisse Gattung von Blitzen (vermuthlich Kugelblitzen) erklärte Seneca die Wirkung durch den bedeutenden Gehalt derselben an comprimirter Luft. Hingegen erzeugt ein Blitz nur enge Durchbohrungen, wenn er fein und flammenartig ist, so daß er vermöge der ungemischten Dünne seines Feuers durch die engsten Räume dringt. Die befruchtende Kraft der Gewitterregen schrieb Plutarch der ihnen anhaftenden Wärme zu, welche durch das Kochen der Feuchtigkeit, diese den Pflanzen angenehmer mache. Der angeblichen Beziehungen, in welchen die Trüffeln zu dem Blitze stehen sollen, wurde weiter oben gedacht. Man glaubte, die Trüffeln üben vermöge einer Art Sympathie eine Anziehungskraft auf den Blitz aus, verhindern aber gleichzeitig durch eine Art Antipathie, daß er sie trifft. Erscheinungen, deren Ursachen man nicht erkennen konnte, erklärte man überhaupt sehr gerne durch Sympathie und Antipathie. Die Tödtung von Menschen durch den Blitz, in der Weise, daß der Leib keine äußerliche Verletzung zeigt, scheinen die Alten durch einen moralischen Effect erklärt zu haben, nämlich durch eine heftige, innerliche Bewegung, hervorgerufen durch den plötzlichen, heftigen Schreck.

*

Die Ausgleichung der elektrischen Spannungen zwischen Himmel und Erde findet nicht ausschließlich durch Blitzschläge statt; bei stark elektrischem Zustande der Luft kommt es vielmehr zuweilen zu continuirlichen elektrischen Entladungen, in derselben Weise, in welcher an den Spitzen und Kanten eines künstlich geladenen Leiters der Elektricität diese auszuströmen beginnt. Man erblickt dann auf hochgelegenen Spitzen, wie z. B. Thurmspitzen, Blitzableiterspitzen, auf den Masten der Schiffe u. s. w., schwach leuchtende büschelförmige

Flammen, welche unter dem Namen **Elmsfeuer** bekannt sind. Auch diese Erscheinung wurde von den Alten vielfach beobachtet.

Diodorus Siculus erzählt, daß das von Jason geführte Schiff Argo auf seiner Fahrt nach Kolchis von einem großen Sturme überfallen wurde; in der höchsten Noth flehte Orpheus die samothrakischen Götter um Hilfe an. Da erschienen auf den Köpfen der beiden Argonauten Kastor und Pollux sternähnliche Lichter und der Sturm legte sich. Von da ab wandten sich die Schiffer in Sturmesnöthen stets an die samothrakischen Götter und schrieben das Erscheinen zweier sternähnlicher Lichter der Anwesenheit der beiden Dioskuren Kastor und Pollux zu. Läßt allerdings schon diese Fabel auf eine Kenntniß des Elmsfeuers bei den Alten schließen, so sind wir doch keineswegs hierauf angewiesen; die Autoren der Alten haben uns vielmehr über zahlreiche Beobachtungen dieser Naturerscheinung berichtet.

So erzählt Plinius, er selbst habe bei den nächtlichen Feldwachen auf den Spießen der vor dem Walle stehenden Soldaten sternartige Lichter gesehen. Solche lassen sich auch auf Segelstangen und andere Schiffstheile nieder, mit einem Geräusch, wie wenn Vögel von einem Sitze zum andern fliegen. Erscheinen sie einzeln, so bringen sie Unheil, denn sie versenken dann die Schiffe, und fallen sie auf den Kiel, so verbrennen sie dieselben. Kommen sie jedoch zu zweien, so hat die Macht der beiden Dioskuren über den verderblichen Einfluß ihrer Schwester Helena gesiegt und die Schiffer können auf eine glückliche Fahrt hoffen. In ganz ähnlicher Weise berichtet Seneca über die Erscheinung des Elmsfeuers. Plutarch und auch Lucian sagen, daß die Dioskuren den vom Sturme Bedrohten helfen, indem sie durch ihr Erscheinen die Gewalt des Meeres und das Toben der Stürme beschwichtigen. Der Geschichtsschreiber Titus Livius, welcher im Jahre 59 v. Chr. zu Patavium (Padua) geboren wurde und im Jahre 17 n. Chr. starb, erzählt: Während des zweiten punischen Krieges sollen in Sicilien die Wurfspieße einiger Krieger und in Sardinien einem Ritter, welcher auf der Mauer die Runde bei den Wachen machte, der Stock in der Hand gebrannt haben; im Jahre 214 v. Chr. habe in Apulien ein grüner Palmbaum gebrannt; im Jahre 196 v. Chr. brannten im Tempel der Moneta die Spitzen zweier Lanzen; im Jahre 194 v. Chr. brannte das Haupt der Statue des Vulcanus; im Jahre 169 v. Chr. endlich soll in Fregellae im Hause des Lucius Atreus die Lanze, welche er seinem heerpflichtigen Sohne gekauft hatte, am hellen Tage über zwei Stunden lang gebrannt haben, ohne daß die Flamme das Mindeste davon verzehrte.

Zwar ließen sich noch viele ähnliche Beobachtungen aus dem Alterthume anführen, doch dürften vorstehende unserem Zwecke genügen. Man hat hierbei

stets zwischen der, reellen Erscheinungen entsprechenden Beobachtung einerseits und den daran geknüpften abergläubischen Deutungen andererseits zu unterscheiden. Es wäre jedoch unrichtig, den Aberglauben nur bei den Römern und Griechen zu vermuthen. Er erhielt sich lange, namentlich bei den Seefahrern; diese sahen noch im Mittelalter in der Erscheinung des Elmsfeuers das Ende des Sturmes und betrachteten die Erscheinung selbst als eine überirdische. In der ersten Hälfte des Mittelalters schrieb man sie der Jungfrau Maria zu; so heißt es z. B., wie Klein angibt, in der deutschen Bearbeitung des alten Passional, das im XIII. Jahrhunderte verfaßt wurde, daß die Erscheinung nach Anrufung Marias sich zeigte:

»uf dem maste dar enboben
ein vackelnlicht sô schone quam,
daz die trube gar benam,
die sich e ob dem schiffe truc.
vil witen sich al umme sluc
daz licht von dem maste.
bî sînem schônem glaste
gesâhen sie nu alle wol.«*)

Eine Stelle in der Historia del Almirante, geschrieben von dem Sohne des Columbus, lautet:

»In der Nacht am Sonnabend (October 1493, auf der zweiten Reise des Columbus) donnerte und regnete es sehr stark. St. Elm zeigte sich dann auf der Oberbramstange mit sieben angezündeten Kerzen, d. h. man bemerkte jene Feuer, welche die Matrosen für den Körper des Heiligen halten. Sogleich hörte man auf dem Schiffe eifrig Litaneien singen und Gebete sprechen, denn die Seeleute sind fest überzeugt, daß die Gefahr des Sturmes verschwunden ist, sobald St. Elm erscheint.«

Später, am Anfange des XVI. Jahrhundertes, gedachte, so berichtet Klein in einer Schrift über das Gewitter, Ariost des Elmsfeuers, und im Jahre 1572 Camoëns in den berühmten Lusiaden, wo es nach Donners Uebersetzung heißt:

*) »Auf dem Maste ganz oben
Erschien ein so schönes Fackellicht,
Daß es die Finsterniß ganz benahm,
Die vorher auf dem Schiffe war.
Sehr weit umher verbreitete sich
Das Licht von dem Maste,
Bei seinem schönen Glanze,
Sahen sie nun alle deutlich.«

»Das Licht, das lebende, gewahrt ich klärlich,
Das immerdar dem Seevolk heilig galt,
Wenn Ungewitter dunkelt und gefährlich
Der Sturm sich aufmacht und Geheul erschallt.«

In Bezug auf die oben angeführten und auf noch andere Berichte der Alten über das Erscheinen der Dioskuren wäre noch zu erwähnen, daß einige Gelehrte der Ansicht zuneigten, alle derartigen Berichte bezögen sich nicht auf das Elmsfeuer sondern vielmehr auf Sterne. Die Schiffer lenkten, ehe sie die Magnetnadel kennen gelernt, ihr Fahrzeug bei Tage nach dem Stande der Sonne, in der Nacht nach jenem gewisser Sterne. Allerdings kann man dann die dem Kastor und Pollux so oft zugeschriebene Rettung aus Sturmesnoth in der Weise erklären, daß ihr Erscheinen eben das Sichtbarwerden des Gestirnes am Himmel, also die Ausheiterung und somit natürlich auch das Ende des Sturmes zu bedeuten hätte. Jedoch bei aufmerksamer Prüfung der angeführten und anderer Stellen in den Schriften der Alten wird man sich kaum der Erkenntniß verschließen können, daß diese Stellen ganz gut verständlich sind, wenn man sie auf das Elmsfeuer bezieht, aber schwer verständlich oder häufig sogar vollkommen widersinnig werden, wenn man hierbei an Sterne denkt. Lange ehevor die Dioskuren als glänzendes Sternbild an den Himmel versetzt wurden, hatte man sie im Elmsfeuer als hilfebringende Götter verehrt.

Wenig scheint es die Alten interessirt zu haben, die Erscheinung des Elmsfeuers in irgend einer Weise zu erklären. Bemerkenswert in dieser Hinsicht ist jedoch, daß der griechische Dichter Nonnus, welcher im V. Jahrhunderte n. Chr. lebte, jenes Feuer, das zuweilen auf Lanzenspitzen erscheint, ein ohnmächtiges Bild des Blitzes nennt. Auch Seneca erwähnt der Feuererscheinungen, welche auf die Wurfspieße der Römer gefallen waren und fährt dann fort: Diese Feuererscheinungen pflegen manchmal, Blitzen gleich, Thiere und Bäume zu zerschmettern und zu verwunden. Manche zerplatzen in den Wolken, manche in der reinen Luft, wenn diese zur Ableitung des Feuers geeignet ist. Also auch Seneca vergleicht das Elmsfeuer mit dem Blitze. Man könnte sich dadurch beispielsweise versucht fühlen, hieraus zu schließen, Seneca habe einen inneren Zusammenhang zwischen beiden Naturerscheinungen geahnt. Berücksichtigt man jedoch, daß in derselben Stelle das Elmsfeuer als vom Himmel fallend bezeichnet wird und daß es die getroffenen Gegenstände zuweilen entzündet oder zerschmettert, zuweilen gar nicht auf die Erde herabgelangt, sondern auf seinem Wege zerplatzt oder sich auflöst, so verliert die Vergleichung mit dem Blitze jede tiefere Bedeutung. Man erkennt vielmehr, daß Seneca unter dem Elmsfeuer auch Naturerscheinungen beschreibt, welche einer ganz anderen Classe von Meteoren angehören. Unter Feuererscheinungen

(ähnlich dem Elmsfeuer) auf der Erde, welche daselbst Kräuter, Gesträuche oder Bäume zuweilen entzünden, könnten vielleicht Irrlichter zu verstehen sein; Feuererscheinungen, die vom Himmel fallen, unterwegs aber erlöschen oder explodiren, bieten hin und wieder Meteorfälle oder auch Kugelblitze dar. Diese beiden Naturerscheinungen sind es auch, die in wieder anderen Fällen auf der Erde Zerstörung anrichten können.

Unter jener schrecklichen Helena aber, von welcher Plinius sagt, daß sie ein einzeln kommendes Feuer sei, welches die Schiffe in Brand setzt oder in den Grund bohrt, hat man vielleicht Kugelblitze zu verstehen und zwar umso eher, als Plinius dem Feuer der Helena kein anderes Aussehen zuzuschreiben scheint als dem Elmsfeuer. Ueberdies galt auch Helena bei den Alten als Schwester von Kastor und Pollux und soll gleichzeitig mit diesen dem Ei der Leda entschlüpft sein.

Plinius, welcher das Elmsfeuer zu den Sternen rechnet, fügt noch bei, daß es auch zuweilen die Häupter der Menschen umleuchte, was von großer Vorbedeutung sei. Nach dem Tode der Scipionen sammelte Lucius Marcius die fliehenden Römer und hielt eine Rede an sie, in welcher er seine Krieger aufforderte, für die gefallenen Feldherren und die erlittenen Niederlagen Rache zu nehmen an den punischen Heeren. Da habe, erzählt Titus Livius, während seiner Rede eine Flamme aus seinem Haupte geströmt, ohne daß er selbst es fühlte, zum großen Schrecken der umstehenden Krieger. Dieselbe Erscheinung läßt Virgil in seiner Aeneis bei dem jungen Ascanius (Julus) und bei der Lavinia eintreten:

»Siehe da scheint leicht her von dem oberen Scheitel Julus
Spitzig zu leuchten ein Glanz; und rings, unschädlich berührend,
Leckt um die weichlichen Locken die Flamm', und umwallet die Schläfen.«

— — — — — — — — — — — — — —

»So wie Lavinia stand an des Königes Seite, die Jungfrau,
Schien sie, o Graun! zu fassen mit wallenden Locken das Feuer,
Und am sämmtlichen Schmuck in der knatternden Flamme zu lodern,
Brennend das königlich prangende Haar, und brennend das Stirnband
Sammt dem hellen Gestein; und vom Dampf und gelblichem Lichte
Eingehüllt, durch das Haus vulcanische Glut zu verbreiten.«

Auch Servius Tullius soll als schlafendem Knaben einst das Haupt gebrannt haben. Bald sei mit dem Schlafe auch die Flamme gewichen. So erzählt Titus Livius, und auch Plinius gedenkt dieser Erscheinung wiederholt. Obwohl nun die Möglichkeit solcher Naturerscheinungen, namentlich unter Einfluß heftiger Gewitter, durch moderne Beobachtungen sichergestellt ist, können diesbezügliche Berichte der Alten doch nicht immer als vollkommen

glaubwürdig bezeichnet werden, da derartige Erſcheinungen doch als wichtige und glückbringende Vorzeichen betrachtet wurden. Aus dieſem Grunde mag zuweilen auch die Phantaſie oder die Abſicht, beſtimmte Zwecke zu erreichen, hierbei eine Rolle geſpielt haben.

Wenn nicht verſchiedene Gelehrte ſich veranlaßt gefühlt hätten, den Alten ein viel umfangreicheres Wiſſen zuzuſchreiben, als jenes, welches aus den auf uns gekommenen Schriften der letzteren zu entnehmen iſt, könnten wir nunmehr der weiteren Entwicklung unſerer Wiſſenſchaft bis zu ihrem gegenwärtigen Stande folgen; ſo aber erſcheint es angezeigt, vorher noch dieſen Beſtrebungen einige Zeilen zu widmen.

II.

Angebliches Wiſſen der Alten über Gewitter-Elektricität.

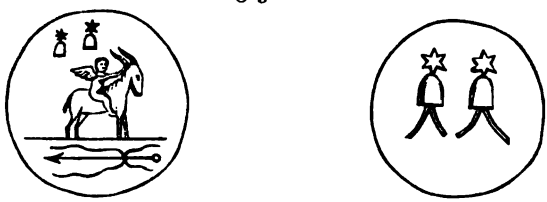
Einige Gelehrte glaubten auf Grund der Mythologie und bildlicher Darſtellungen auf Statuen, geſchnittenen Steinen u. ſ. w. den Alten tiefere phyſikaliſche Kenntniſſe zuſchreiben zu ſollen; hierbei wurde erſtere als eine Art geheime Phyſik, letztere als die geheimnißvolle Formelſprache derſelben betrachtet.

Dieſe bildliche Formelſprache ſoll ihr Entſtehen einem hochciviliſirten Volke zu verdanken haben, welches vor der Zeit jener in den Geſchichtsbüchern aller Völker erwähnten Flut, die unſerem Erdball eine neue Geſtalt gab, namentlich im nördlichen Aſien gelebt hätte. Der Sinn der bildlichen Formelſprache dieſer vorſündflutlichen ſibiriſchen Gelehrten wäre den alten Philoſophen der Aegypter, Etrusker, Griechen und Römer unverſtändlich geweſen, weil ſie des tiefen Wiſſens ihrer Vorfahren entbehrten; erſt die Gegenwart könne die Formelſprache wieder entziffern, weil ſie der damaligen Bildungsſtufe wieder nahekommt. Oder man erſetzte auch dieſe Behauptung durch die andere: Das Wiſſen des eingebildeten Urvolkes ſei nicht verloren gegangen, ſondern vielmehr auf die Philoſophen der Alten gekommen und habe in den religiöſen Myſterien, namentlich in den ſamothrakiſchen eine ſorgfältige Pflege, aber noch ſorgfältigere Geheimhaltung erfahren. Von dieſen durch nichts bewieſenen, ganz unhaltbaren Vorausſetzungen ausgehend ließ man ſich in fanatiſcher Bewunderung der Alten von einer zügelloſen Phantaſie hinreißen, jede mythologiſche Erzählung für ein Capitel moderner Phyſik und jede figurale Darſtellung für eine phyſikaliſche Formel zu erklären. Unterliegt es

allerdings keinem Zweifel, daß man sich unter vielen mythologischen Gestalten und Symbolen personificirte Naturkräfte vorzustellen hat, so ist es jedoch ein gewagtes Unternehmen, vom Standpunkte der gegenwärtig im Vergleiche zum Alterthume hoch entwickelten Naturwissenschaften aus die Mythologie eines Volkes erklären zu wollen, welches in Bezug auf diese Wissenschaft nie über die primitivsten Anfänge hinausgekommen ist. Sobald dieser Weg eingeschlagen wird, kann in mythologische Symbole selbst mit mäßiger Phantasie und geringem Aufwande an Scharfsinn alles Beliebige hineingedeutet werden.

Ein sehr beliebtes Feld für derartige Bestrebungen bildeten der **Dioskurenmythus** und die bildlichen Darstellungen desselben. So gaben z. B. der auf einigen bildlichen Darstellungen wahrnehmbare Parallelismus und die symmetrische Gegeneinanderstellung der beiden Dioskuren Veranlassung, hierin ein Symbol für die positive und negative Elektricität zu erkennen. Die aus den

Fig. 63.



Münzen mit Dioskurenhüten.

beiden Dioskurenhüten herabhängenden Bänder auf der in Figur 63 abgebildeten Münze sollen den Hauptsatz der modernen Elektricitätslehre ausdrücken: Gleichnamige Elektricitäten stoßen sich ab, weil je zwei Bändchen divergirend herabhängen, wie im Goldblattelektroskope, wenn dieses eine Ladung erhalten hat. Die in Figur 63 abgebildete Münze, auf welcher die beiden Dioskurenhüte mit den Sternen, Amor reitend auf einem Bocke und darunter der Blitz dargestellt sind, soll bedeuten, daß durch das Zusammenwirken der positiven und negativen Elektricität (der beiden Dioskuren) Blitz, Elmsfeuer und Feuerkugeln (springende Böcklein, wie sie Aristoteles nennt) entstanden seien u. s. w.

Hingegen hat die zwar gründliche aber nüchterne Forschung für den Dioskurenmythus nachstehende Erklärung gegeben. Die Dioskuren, d. h. die Söhne des Tyndareus, verehrte man als hilfreiche und wohlthätige Gottheiten, in welchen ursprünglich die beiden Dämmerungen (Abend- und Morgendämmerung) personificirt wurden, verwechselte sie später aber vielfach sowohl mit den Dioskuren Kabiren, den Schutzgöttern der Schiffer, als auch mit jenen Flammen, welche auf dem Schiffe Argo erschienen sein sollen. In dieser

Weise wurden sie die Repräsentanten des Elmsfeuers, noch bevor man sie als Sternbild der Zwillinge an den Himmel versetzt hatte.

Die Alten sollen aber auch sehr wirksame **elektrische Apparate** besessen haben, welche sie großartige Resultate erzielen ließen, und die Blitzableiter gekannt haben. Man versuchte nämlich, die Wunder, welche Moses, die Propheten und die Priester der heidnischen Völker verrichtet haben sollen, physikalisch zu erklären. Dabei mußte, soweit es sich um Erscheinungen elektrischer Natur handelt, gewöhnlich die atmosphärische Elektricität herhalten. Sie sei es gewesen, die durch die Priester vom Himmel herabgeholt und durch entsprechende Apparate aufgespeichert und aufbewahrt wurde, um zur richtigen Zeit zur Entzündung des Feuers auf den Opferaltären, zum Erschlagen widerspänstiger Juden und dergleichen zur beliebigen Verfügung zu stehen. Auf diese Weise soll es den Alten gelungen sein, Wirkungen von einer Großartigkeit zu erzielen, die wir gegenwärtig nicht erreichen können, trotz unserer Flaschen-Batterien, dynamo-elektrischen Maschinen, Inductions-Apparate und Accumulatoren.

Jene, welche z. B. den Römern, beziehungsweise den Etruskern namhaftes elektrisches Wissen zuschrieben, glaubten in den Berichten über König Numas Leben und Wirken eine Hauptstütze für ihre Ansicht gefunden zu haben. Servius, der im V. Jahrhunderte n. Chr. lebte, erzählt nämlich, Prometheus habe den Menschen die Kunst gelehrt, den Blitz herabzuziehen und Numa habe dieselbe zu einem religiösen Dienste, einem Cultus des Jupiter Elicius (auf dem Aventinus) erhoben; als Tullus Hostilius sein Vorbild nachahmen wollte, hierbei aber einen Fehler machte, sei er vom Blitze erschlagen worden. Nun berichtet aber Festus, der im III. Jahrhunderte n. Chr. schrieb und als Quelle den berühmten Grammatiker Verrius Flaccus (zur Zeit des Augustus lebend) benützte, daß ursprünglich die Opferfeuer durch Holz entzündet wurden, welches man durch Reiben zum Brennen brachte, und daß man später Hohlspiegel oder Brenngläser zu diesem Zwecke gebrauchte; von einer Anwendung des Blitzes weiß er nichts zu erzählen. Bezüglich des von Numa eingeführten Dienstes des Jupiter Elicius zeigt eine Vergleichung sämmtlicher alten Feste, daß man hierunter nichts anderes als Sühnopfer zu verstehen hat, die dargebracht wurden, um die üblen Vorbedeutungen von Blitzschlägen abzuwenden. Plutarch sagt, daß solche Sühnopfer noch zu seiner Zeit (50—120 n. Chr.) dargebracht wurden und zwar in derselben Weise, wie sie schon Numa einführte, nämlich mit Zwiebeln, Haaren und Mänen (Seefischen).

Die Alten sollen aber nicht nur elektrische Vorrichtungen und Apparate besessen haben, um den Blitz herabzuziehen und beliebig zu verwenden, sondern

auch eben so gut verstanden haben, sich vor unerbetenen Besuchen dieses gefährlichen Gastes zu schützen, d. h. mit anderen Worten, sie sollen **Blitzableiter** gekannt und angewandt haben. Man glaubte eine wesentliche Stütze für diese Ansicht in den Nachrichten, beziehungsweise Mangel an Nachrichten über den jüdischen Tempel zu Jerusalem gefunden zu haben. Salomo begann den Tempelbau im Jahre 990 v. Chr.: der Tempel wurde zerstört im Jahre 70 n. Chr. Aus dieser mehr als tausendjährigen Periode liegt nun keinerlei Nachricht vor, welche einen Blitzschlag auf den seiner hohen Lage wegen sehr gefährdeten Tempel vermeldet. Da nun einerseits Blitzschläge, welche hervorragende Gebäude trafen, im Alterthume stets sorgfältig aufgezeichnet wurden, andererseits ein Blitzschlag die bedeutenden Holzmassen des Tempels wahrscheinlich in Brand gesetzt hätte, schloß man aus dem Mangel jedweder derartigen Nachricht, daß thatsächlich in einem Zeitraume von mehr als tausend Jahren kein Blitzstrahl den Tempel getroffen habe. Der jüdische Geschichtsschreiber Flavius Josephus beschrieb den Tempel als ein ausgedehntes Gebäude, reichlich mit Goldplatten bekleidet und mit ausgebreiteten Verzierungen aus demselben Metalle bedeckt, von welchen zahlreiche Metallrohre in Cisternen führten, welche zur Auffammlung des Regenwassers bestimmt waren; das »eherne Meer« und die anderen metallenen Wasserbecken, die Erzfiguren und Säulen bildeten eine sehr erhebliche Ansammlung von Metallmassen. Das Dach des Tempels war mit einer Unzahl von goldenen oder vergoldeten Spitzen versehen. Diese Bauart und der Mangel an jedweder Nachricht über einen Blitzschlag auf das Gebäude veranlaßte nun verschiedene Gelehrte zu der Annahme, der Tempel sei zufällig oder sogar absichtlich und vollkommen zielbewußt von seinen Erbauern mit einem sehr wirksamen Blitzschutzsysteme versehen worden, dessen Bestandtheile man in den zahlreichen Spitzen auf dem Dache, in den Metallüberkleidungen und Verzierungen der Wände, in den Regenrinnen und Cisternen zu sehen hätte. Dieser Annahme steht aber als gewichtiges Bedenken gegenüber, daß die Juden gar keinen Tempel besaßen, der über Tausend Jahre stand: Der Tempel, welchen Salomo im Jahre 990 v. Chr. zu bauen begonnen hatte, wurde durch Nabuchodonosor im Jahre 586 zerstört; den zweiten Tempel erbaute Zorobabel im Jahre 516 und den dritten Herodes unter der Regierung des Augustus im Jahre 21 v. Chr.; zerstört wurde dieser Tempel durch Titus am 5. August 70 n. Chr. Auf diesen dritten Tempel, der kaum 90 Jahre und nicht mehr als ein Jahrtausend stand, bezieht sich die Beschreibung des Josephus. Ob aber die beiden vorher gebauten Tempel ebenfalls mit Spießen auf dem Dache versehen waren, ist sehr zweifelhaft — wenigstens sind keine Nachrichten hierüber aufzufinden. Ueberdies ist der Zweck der Spieße von Josephus ganz klar angegeben, indem letzterer sagt, die Spieße seien,

sehr nahe aneinander angebracht, dazu bestimmt gewesen, die Vögel abzuhalten, welche das prachtvolle Dach beschmutzt hätten.

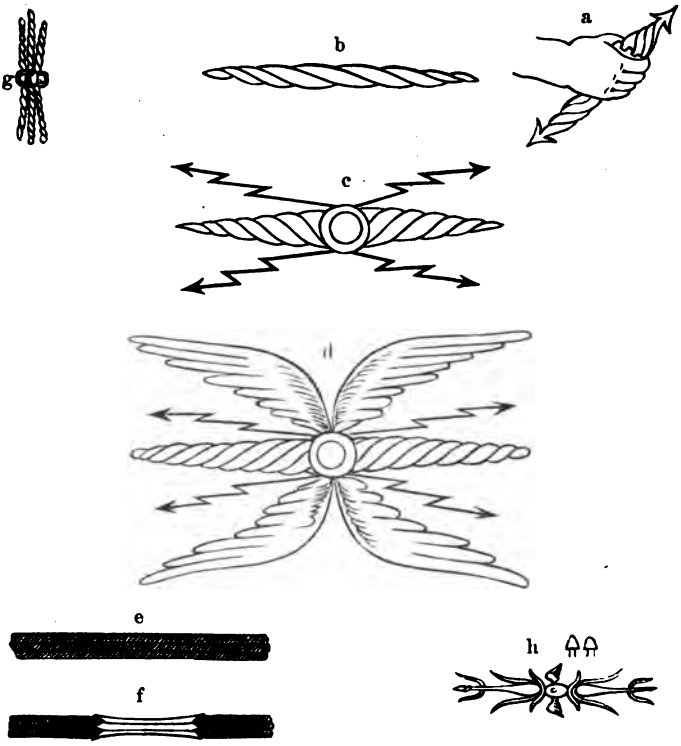
Die Inder sollen eiserne Stangen oder Degen zur Abwehr von Gewitterwolken, Blitz und Hagel in die Erde gesteckt haben und zwar mit gegen den Himmel gerichteter Spitze. Auch hierin wollte man eine Kenntniß der Blitzableiter erblicken. Ohne auf eine weitere Erörterung einzugehen, genügt wohl schon der Hinweis auf ähnliche abergläubische Gebräuche bei anderen Völkern um die Unhaltbarkeit obiger Ansicht darzuthun. Die Thracier schossen gegen Donner und Blitz Pfeile in die Wolken, die Römer schwangen blutige Beile mit drohender Miene gegen den Himmel, im XV. Jahrhunderte befestigte man auf dem Maste jedes Schiffes einen blanken Degen mit aufwärts gerichteter Spitze und in den Alpenländern führt noch gegenwärtig das Gewitterschießen zwischen einzelnen Gemeinden wegen angeblicher Gewitterzusendung zu erheblichen Streitigkeiten.

Es kann überhaupt mit voller Sicherheit ausgesprochen werden, daß keine Stelle in den Schriften der Alten zu der Annahme berechtigt, den Alten sei die Kunst, Blitze herabzuziehen oder abzuwehren, bekannt gewesen oder die Haruspices oder andere hätten diese Kunst geübt. Da aber Blitze als Vorzeichen größter Bedeutung galten, sahen sich die Haruspices veranlaßt, alle Gewittervorzeichen sorgfältig zu beobachten, um hiedurch ein Treffen des geeigneten Zeitpunktes zur Vornahme der religiösen Ceremonien zu ermöglichen und somit wirklich das erbetene Vorzeichen zu erhalten. Jene berühmte Kunst der Etrusker, die Auspicien, also das Vorherverkünden kommender Ereignisse aus der Beobachtung meteorologischer Erscheinungen und aus den Eingeweiden der Opferthiere, ebenso wie die Abwendung der angekündigten unglücklichen Ereignisse war nichts anderes als eine plumpe Taschenspielerei, an welche die aufgeklärten Männer des Alterthums selbst nie glaubten, welche aber aus politischen Gründen gehegt und gepflegt wurde. So fand z. B. Cicero die Aeußerung des Cato, der einmal sagte, er wundere sich, daß ein Haruspex, wenn er einem zweiten begegne, das Lachen halten könne, sehr witzig. Zwar wurden die Gewittererscheinungen eben zu solchen abergläubischen Zwecken sehr sorgfältig beobachtet, diese konnten aber erreicht werden ohne tiefes physikalisches Wissen, hierzu reichte vielmehr jene Wetterkenntniß aus, über welche gegenwärtig jeder Bauer oder Matrose verfügt.

Auch in den antiken **Abbildungen des Blitzes** haben, wie bereits erwähnt, einzelne Gelehrte die Formelsprache einer vollendeten physikalischen Wissenschaft erkennen zu sollen geglaubt; diese Formelsprache stamme aus einem goldenen Zeitalter der Wissenschaften und sei in jener Periode des »allgemeinen Niederganges«, die wir classisches Alterthum nennen, nicht mehr verstanden worden.

Erſt der gegenwärtige Stand der Wiſſenſchaften ermöglichte wieder die Auffindung des Schlüſſels zur Enträthſelung der poetiſchen Formelſprache. Durch Th. H. Martin's gründliche Unterſuchungen wurde aber nachgewieſen, daß dieſe naturwiſſenſchaftlichen Erklärungsverſuche vollkommen unberechtigt ſind und gleichzeitig eine einfache und ungezwungene Erklärung für die fraglichen

Fig. 64.



Antike Darſtellungen des Blitzes.

Abbildungen gegeben. Martin zeigte, daß ſich alle Haupttypen der antiken Blitzabbildungen auf einen griechiſchen Urſprung zurückführen laſſen und daß ſie keine Nachbildungen der natürlichen Erſcheinung des Blitzes oder ſymboliſche Darſtellungen, welche ſich auf die Natur des Blitzes bezogen, ſind, ſondern, daß vielmehr der Blitz in der Form der im Kriege gebräuchlichen Brandpfeile der Griechen ſeine bildliche Wiedergabe fand. Die Römer nannten ihre Brandgeſchoſſe malleoli oder falaricae. Die Beſchreibung einer ſolchen Falarica iſt uns u. A. in jenem Bruchſtücke des Taktikers und älteſten Kriegsſchrift-

stellers Aeneas (aus dem IV. Jahrhunderte v. Chr.) erhalten, welches von der Belagerungskunst handelt. Man muß pfahlähnliche, aber viel größere Holzstücke herstellen und an jedem der Holzenden eine lange Eisenspitze einsetzen; dann muß das Holz getrennt voneinander nach aufwärts und abwärts mit brennbarem, gut präparirten Materiale überkleidet werden, so daß man eine Form erhält, ähnlich jener des Blitzes in den Blitzabbildungen. Die brennbare Substanz bestand, wie anderweitig mitgetheilt wird, aus Werg mit Oel getränkt und mit Schwefel und Harz überzogen. Beim Gebrauche wurde das Geschoß in der leergelassenen Mitte mit der Hand gefaßt, sein Brennstoff an beiden Seiten angezündet und dann gegen die in Brand zu setzenden Kriegsmaschinen geschleudert, in welche es sich mit seiner Eisenspitze festbohrte. Diese Beschreibung einer Falarica entspricht, wie Figur 64a zeigt, vollkommen dem Blitze, welchen ein (im Clementinischen Museum von Visconti abgebildeter) Jupiter in der Hand trägt. Figur 64b zeigt eine Blitzabbildung, die einer Falarica entspricht, bei welcher entweder die Eisenspitzen von der brennbaren Masse umhüllt sind oder vielleicht ganz fehlen; im letzteren Falle hätte man nicht an einen Brandpfeil zu denken, der dazu bestimmt ist, an verticalen Wänden zu haften, sondern an einen solchen, der auf horizontale Oberflächen entzündbarer Objecte, z. B. Schutzdächer, auf Holzthürme u. dgl. geschleudert werden sollte. Die antiken Blitzabbildungen zeigen häufig noch als Beigaben Zickzackstrahlen oder Flügel, wie dies in Figur 64c und d zu sehen ist. Die Flügel im allgemeinen bedeuten natürlich die unvergleichliche Schnelligkeit des Blitzes, zwei entgegengesetzt gerichtete Flügelpaare wollen sagen, der Blitzstrahl könne ebenso wie die Falarica sowohl nach der einen als auch nach der anderen Richtung geschleudert werden. Die Zickzackstrahlen aber finden ihre Rechtfertigung in zahllosen Stellen, in welchen die Dichter den Blitz einen geflügelten Strahl nennen. So heißt es z. B. in Virgil's Aeneis:

»Eisen bändigten nun in der räumigen Kluft die Cyklopen,
Brontes und Steropes auch, und der nackende Riese Pyracmon.
Angelegt in den Händen, und schon zum Theile geglättet,
War ein Blitz, wie sie häufig aus himmlischen Höhen der Vater
Schwingt auf die Länder hinab; theils mangelte noch die Vollendung.
Drei Strahlen aus Hagel gezackt, drei gießenden Regens
Gaben sie ihm, drei röthlicher Glut, und geflügelten Sturmes;
Schreckliche Leuchtungen nun, graunvolles Gekrach, und Entsetzen
Mischten sie unter das Werk, und verfolgende Flammen des Zornes.«

Nicht selten findet man auch an Stelle eines einzigen Brandpfeiles deren drei, die der Länge nach nebeneinander gelegt sind oder von der Mitte aus divergirend verlaufen, wie dies in Figur 64e, f und g zu sehen ist.

Hiermit ist auf die von den Schriftstellern der Alten häufig gebrauchte Bezeichnung »dreizackiger Strahl« oder »dreifache Flamme Jupiter's« angespielt. Wesentlich abweichend von den bisher beschriebenen Abbildungen ist jedoch die durch Figur 64h repräsentirte Art. In dieser kann keine Nachbildung der Falarica erkannt werden. Sie ist jedoch als Blitzabbildung hinlänglich durch die beiden Dioskurenhüte und durch das Flügelpaar in der Mitte charakterisirt. Eingehende Forschungen haben gelehrt, daß man in den beiden symmetrischen Hälften dieser Art Blitzabbildungen Nachahmungen des Schaftes einer Umbellifere, der ferula communis, zu erkennen hat, d. h. derselben Pflanze, welche Prometheus auf einem geschnittenen Steine, schöner antiker Arbeit, in der Hand hält. Somit ist diese Form des Blitzsymboles leicht zu erklären. Nach der antiken Sage hat nämlich Prometheus den Menschen das Feuer gebracht und sich hierbei zur Aufbewahrung desselben des Ferulaschaftes bedient. Ueberdies erzählt auch der griechische Dichter Nonnus, daß Jupiter während seiner galanten Abenteuer mit der Semele den eingeschlafenen Blitz in einem Ferulaschafte verborgen hielt. Die fragliche Abbildung ist somit als Symbol des eingeschlafenen oder ruhenden Blitzes zu betrachten.

III.

Die Kenntnisse der Alten im Verhältnisse zu jenen im Mittelalter.

Nachdem in den vorstehenden Abschnitten das wirkliche und angebliche Wissen der Alten, soweit es sich auf Gewittererscheinungen bezieht, besprochen worden ist, dürfte es hier am Platze sein, in einem kurzen Rückblicke das Gesammtwissen der Alten kurz zusammenzufassen, um dasselbe mit dem Stande der Wissenschaft im Mittelalter vergleichen zu können.

Wurden Gewittererscheinungen im Alterthume überhaupt sorgfältig beachtet, so waren es namentlich die Haruspices, welche zum Zwecke der Vorherverkündigung der Zukunft oder der Erforschung des Willens der Götter die Blitze sorgfältig beobachteten. Wenngleich der genannte Zweck einen Hemmschuh für die streng wissenschaftliche Beobachtung dieser Naturerscheinung bildete und der vorgefaßten Meinung wegen häufig die Phantasie die Richtigkeit der Beobachtung trübte oder auch staatliche und persönliche Interessen ihren Einfluß geltend machten, so wurden doch einzelne Umstände ganz richtig beobachtet und aufgezeichnet. Die Erklärungen, welche die Philosophen der Alten den Erscheinungen gaben, mußten allerdings ganz unzulänglich bleiben, wenn man bedenkt, daß einerseits das zur Verfügung gestandene Beobachtungsmateriale ein sehr dürftiges und lückenhaftes war, daß den Alten das Experiment vollkommen unbekannt blieb, und daß sie andererseits bei Aufstellung ihrer Theorien stets den verkehrten Weg einschlugen, nämlich zuerst ihr philosophisches System erdachten und dann erst die einzelnen Erscheinungen mit demselben in Uebereinstimmung zu bringen suchten, statt umgekehrt aus der Zusammenfassung und Vergleichung möglichst zahlreicher Beobachtungen auf die gemeinschaftliche

Ursache der zu Grunde liegenden Erscheinungen zu schließen. Keinem der alten Philosophen ist es je eingefallen, seine Lehrmeinung auch nur durch das einfachste Experiment auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Daher kam es auch, daß die Alten weder den Zusammenhang zwischen der Anziehungskraft des geriebenen Bernsteines und den Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität ahnten, noch in einer oder der anderen dieser Erscheinungen das Walten einer besonderen Kraft, der Elektricität, erkannten. Die Alten haben allerdings einige elektrische Erscheinungen beobachtet, aber die Elektricität als specielle Naturkraft war ihnen unbekannt.

Es wurde ganz richtig erkannt, daß der Blitz vorzüglich hochgelegene Punkte trifft, und auch verschiedene Wirkungen des Blitzes wurden beobachtet; so wußten die Alten, daß der Blitz brennbare Stoffe entzünden, Objecte anderer Art zerreißen und zertrümmern kann, daß er zuweilen Metalle zum Schmelzen bringt u. s. w. Sie konnten aber keine, auch nur halbwegs befriedigende Erklärung für die Geschwindigkeit des Blitzes geben, noch eine Auskunft darüber, was aus dem Blitze nach erfolgtem Schlage wird, oder wodurch sich das Blitzfeuer von dem gewöhnlichen Feuer unterscheidet. Ganz unbekannt blieb ihnen der Zusammenhang der elektrischen Erscheinungen untereinander, und doch hätten schon die wenigen Beobachtungen der Alten — allerdings ohne in Vorhinein aufgestellte Lehrmeinungen — hin und wieder Anlaß geben können, irgend einen Zusammenhang zu ahnen. So erwähnten sie z. B. des Geräusches beim Elmsfeuer, kannten den Donner und auch das Knistern der Funken, die unter besonderen Umständen aus menschlichen Körpern gezogen werden können. Man wußte, daß die Anziehungskraft des Bernsteines durch Reibung erregt werde und erklärte andererseits die Entstehung der Blitze oder die Entzündung jener Dünste, welche die Blitze bilden sollten, nach der im größten Ansehen gestandenen Theorie durch Reibung der Wolken; überdies schrieb man auch dem Blitze eine Anziehungskraft zu: die Zweige der Bäume richten sich gegen den auf sie niederfahrenden Blitz. Die Alten wußten, daß Menschen vom Blitze getödtet werden können, ohne das sie selbst getroffen werden oder irgendwelche Blitzspuren aufweisen; sie kannten auch die ganz ähnliche Wirkung des Zitterfisches, ja benützten ihn selbst als therapeutisches Mittel. Das Elmsfeuer wurde sogar ein ohnmächtiges Bild des Blitzes genannt.

Es ist den Alten trotzdem nicht gelungen, die verschiedenen ihnen bekannten Aeußerungen einer und derselben Kraft, nämlich der Elektricität, durch eine annehmbare Theorie zusammenzufassen oder den thatsächlichen Zusammenhang auch nur zu muthmaßen. Elmsfeuer, Blitz und Nordlicht wurden zwar zusammen genannt, aber nicht, weil man die gemeinschaftliche

Ursache dieser Erscheinungen kannte, sondern weil man überhaupt alles leuchtende als viertes Weltelement, als Feuer auffaßte. Hierher zählte man daher nicht nur die genannten drei Naturerscheinungen sondern ebensowohl die Gestirne, die Sternschnuppen, die Kometen, die Boliden und auch jedes beliebige durch Menschenhand hervorgerufene Feuer. Die trockenen und die feuchten Ausdünstungen der Erde konnten sich nach Ansicht der Alten mit Gewalt aus den Wolken herabstürzen und verursachten dann, wenn sie nicht entzündet wurden, Stürme und Cyklonen, wenn sie entzündet wurden, Blitze, wenn sie in den Wolken verdichtet wurden, konnten sie als Regen (also Wasser) herabfallen und dieses konnte sich durch weitere Verdichtung in das dichteste Weltelement, in Erde verwandeln.

Es ist unschwer zu erkennen, daß jene Gelehrten, welche in ihrer unbegrenzten Verehrung für das Alterthum sich hinreißen ließen, die Errungenschaften unseres und des vorigen Jahrhundertes als bereits den Alten angehörige darzustellen, auf einen Irrweg gerathen sind; es gab weder im classischen Alterthum, noch in vorhistorischer Zeit ein goldenes Zeitalter für unsere Wissenschaft. Den Alten gebührt hingegen das unbestreitbare, große Verdienst, den Grund für unser gegenwärtiges Wissen gelegt zu haben. Sie haben trotz zahlreicher Schwierigkeiten, tiefeingewurzelter und weit verbreiteter Vorurtheile, ohne Kenntniß des experimentellen Weges und ohne sichere Methode die ersten Schritte auf dem Wege der Erkenntniß gewagt. Daß die hierbei erzielten Resultate, die uns bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft allerdings nicht sehr bedeutend erscheinen mögen, doch durchaus nicht zu unterschätzen sind, zeigt zur Genüge die Thatsache, daß die Errungenschaften der Alten zwei Jahrtausende hindurch keine irgendwie nennenswerte Erweiterung erfuhren Wie bereits oben S. 107 erwähnt wurde, hat selbst Descartes im XVII. Jahrhunderte wenig daran geändert. Was Lucretius im I. Jahrhunderte v. Chr., Seneca, Plinius, Plutarch und Lucanus im I. Jahrhunderte n. Chr. gelehrt haben, war vielfach auch schon Aristoteles im IV. und Plato im V. Jahrhunderte v. Chr. bekannt. Ein wirklicher Fortschritt in der Erkenntniß der Gewittererscheinungen wurde erst durch jene Männer angebahnt, welche die elektrische Natur derselben erkannten, beziehungsweise bewiesen — also, wie weiter unten gezeigt werden soll, erst im XVIII. Jahrhunderte durch Wall, Winkler, Nollet und Divisch, beziehungsweise durch Dalibard, Delor und Franklin.

Bei einer so auffälligen Erscheinung verlohnt es sich wohl der Mühe, den Ursachen nachzuforschen, welche einerseits jede Erweiterung der Kenntnisse bei den Alten hintanhielten und andererseits einen vollständigen Stillstand im Mittelalter bewirkten. »Das Alterthum,« sagt Lange in seiner Geschichte des

Materialismus, »hatte die Personification auf's strengste durchgeführt und war darüber nur selten dazu gekommen, die Natur als Natur anzuschauen oder gar darzustellen. Ein schilfbekränzter Mann war der Ocean, eine Nymphe der Quell, ein Faun oder Pan die Flur und der Hain. Eine wahre und daher auch erfolgbringende Naturbetrachtung konnte erst nach der Entgötterung der Gefilde eintreten.«

Die Alten haben zwar die Gewittererscheinungen aufmerksam verfolgt, aber größtentheils nur zu dem Behufe, den Willen der Götter oder die Zukunft zu erforschen. Zu diesem Zwecke hielten die Staaten eigene Priestercollegien. Die wiederholt genannten Philosophen waren nun allerdings weit entfernt, an diese Albernheiten zu glauben, mußten sie aber aus Gründen der Staatsraison dulden, da sie einen wesentlichen Theil der Religion bildeten und daher zur Beherrschung der Massen des Volkes nothwendig waren. War dieser Umstand schon an und für sich geeignet, ein wesentliches Hemmniß für den Fortschritt zu bilden, so wurde derselbe dadurch ganz unmöglich gemacht, daß die Alten nie daran dachten, den experimentellen Weg einzuschlagen, daß sie sich nie damit abgaben, systematische Beobachtungsreihen auszuführen, sondern sich vielmehr mit der Beobachtung einzelner Erscheinungen begnügten und diese dann in eine auf Grund einer anderen ebenfalls von ihnen beobachteten Erscheinung aufgestellte allgemeine Theorie einzuzwängen trachteten.

Große politische und religiöse Umwälzungen, die im Alterthume begonnen hatten und im Mittelalter ihren Fortgang nahmen, ließen die Geister nicht zu jener Ruhe und Sammlung kommen, welche zu einer erfolgreichen Naturforschung unbedingt erforderlich sind. Griechenland war im II. Jahrhunderte v. Chr. eine römische Provinz geworden und die ihre Herrschaft fast über die ganze damals bekannte Welt ausdehnenden Römer hatten weder Zeit noch Lust, die Naturwissenschaften zu pflegen. Athen sowohl, als auch Alexandrien hatten ihre Bedeutung als Sammelpunkt der Gelehrten verloren, die hohen Schulen bestanden nicht mehr, da alles, was Rang oder Bildung besaß oder erringen wollte, dem glänzenden Rom zueilte. Dies hatte zur Folge, daß die Römer, die geistige Ueberlegenheit der von ihnen unterworfenen Griechen anerkennend, zu letzteren in die Schule gingen. Die Söhne der vornehmen Römer erhielten von griechischen Meistern ihre Erziehung und jeder Römer, welcher auf höhere Bildung Anspruch machte, war der griechischen Sprache mächtig. Es bedurfte aber naturgemäß einer längeren Zeit dazu, daß sich die Sieger auch das Wissen der Besiegten aneigneten. Nachdem dieser Proceß sich vollzogen hatte, wäre allerdings eine Fortbildung der ererbten Wissenschaft möglich gewesen, wenn zu dieser Zeit nicht schon fortwährende Kämpfe im

Innern des römischen Reiches und gegen die von Außen stets mächtiger andrängenden Feinde die Römer vollauf in Anspruch genommen hätten.

Nicht wenig trug zum Stillstande in den Naturwissenschaften der Umstand bei, daß die rapid fortschreitende Ausbreitung einer neuen Religion, des Christenthums, alle Geister in Aufregung brachte. (Erklärung der christlichen Religion zur Staatsreligion durch Konstantin den Großen im Jahre 324.) Vor der Beschäftigung mit religiösen Dingen, d. h. göttlicher Wissenschaft, mußte natürlich jede andere Wissenschaft und namentlich jede Art Naturforschung zurücktreten. Die Feststellung des Cultus, die klare Formulirung der Dogmen, die Begründung der christlichen Hierarchie u. s. w. waren Arbeiten, welche die gesammte Geistesarbeit für sich in Anspruch nahmen. Auch erwies sich die neue Lehre den heidnischen Philosophen gegenüber durchaus nicht freundlich gesinnt, sondern unterdrückte vielmehr das Studium derselben (Papst Gregor I. der Große 590—604).

Zum Theile gleichzeitig mit der Ausbreitung der christlichen Religion und zum Theile Hand in Hand mit ihr vollzogen sich die großen Völkerwanderungen in Europa und erhielten bekanntlich erst gegen Ende des VIII. Jahrhunderts (durch die Wiederaufrichtung des weströmischen Kaiserreiches unter Karl dem Großen) eine Art Abschluß.

Eifrige Pfleger der Naturwissenschaften wurden insbesondere die Araber, nachdem sie ihre großen Reiche gegründet hatten. Die Abbassiden zogen nach Erlangung der Chalifenwürde (im Jahre 750 nach Chr.) Gelehrte aller Nationen an ihren Hof, errichteten Schulen und Akademien, wie z. B. die so berühmt gewordene hohe Schule zu Bagdad. Mit ihnen wetteiferten in Spanien die omajjadischen Chalifen; die Araber gründeten in Spanien allein 14 Akademien, worunter Cordova weitaus die hervorragendste wurde — und bald strömte die wissensdurstige Jugend ebenso zu den arabischen Akademien, wie einst die jungen Römer die griechischen Philosophenschulen besuchten. Doch trotz dieses ernsten Strebens und trotz der thatkräftigen Förderung von Seite aufgeklärter Herrscher haben die Araber in der Physik im allgemeinen nur geringe, vereinzelte Fortschritte gemacht und speciell die Lehre von der Elektricität in keiner Weise weiter gebracht. Die Hauptursache dieser Erscheinung hat man wohl darin zu erkennen, daß der einzig richtige Weg, nämlich der der experimentellen Forschung, noch nicht erkannt war. Hingegen haben sich die Araber ein hervorragendes Verdienst sowohl um unsere Disciplin als auch um die Naturwissenschaften überhaupt dadurch erworben, daß sie die Schriften der Alten eifrig aufsuchten, studirten und in's Arabische übersetzten. Sie sind als die Bewahrer der gesammten Wissenschaften der Alten zu betrachten zu einer Zeit, in welcher durch das

stürmische Völkergewoge ohne ihre Hilfe wohl wahrscheinlich jede Spur classischer Cultur und Wissenschaft vernichtet worden wäre.

Inzwischen hatten auch die christlichen Völker die ersten stürmischen Zeiten überwunden und begannen sich allmählich zu consolidiren; sie waren nun bereit, die Erbschaft der Araber anzutreten. Gleichwie die Römer und Araber die Pflege der Wissenschaften damit begannen, daß sie die Schriften der alten griechischen Philosophen eifrigst studirten, ebenso warfen sich auch die christlichen Völker zunächst auf dieses Studium. Die Möglichkeit hierzu boten anfänglich die arabischen Uebersetzungen und erst in viel späterer Zeit ging man auf die Originale zurück. Doch wurde auch das Studium der griechischen Philosophen insoweit eingeschränkt, als nichts gelehrt werden durfte, was nicht auch die christliche Kirche lehrte, nichts was den Dogmen der letzteren widersprach oder entgegen zu sein schien. So wurden z. B. auf der Synode zu Paris im Jahre 1209 und ebenso auf dem Lateranconcil unter Innocenz III. im Jahre 1215 die Physik und die Metaphysik des Aristoteles verboten, weil sie zu Ketzereien Anlaß gegeben hätten und zu bisher unbekannten Ketzereien zukünftig Anlaß geben könnten.*) Daher kam es, daß die Scholastiker — so nennt man die Repräsentanten jener beschränkten Philosophie — gar nicht daran dachten, die Natur selbst zu beobachten; sie studirten nur den Aristoteles, statt in dessen Werken die Naturwissenschaften. Unter solchen Umständen kann es daher auch nicht befremden, daß Pater Scheiner (im XVII. Jahrhunderte), als er die neu entdeckten Sonnenflecken im Fernrohre zeigen wollte, von dem Jesuitenprovincial die Antwort erhielt: »Wozu, mein Sohn, ich habe den Aristoteles zweimal durchgelesen und nichts derartiges gefunden. Die Flecke existiren nicht, sondern sind nur Fehler deiner Gläser oder deiner Augen.«

Obschon die Scholastik keine positive Errungenschaft in den Naturwissenschaften aufzuweisen hat, vielmehr ein starres System von Ausdrücken und Begriffen herstellte, welches, durch Jahrhunderte andauernde Uebung gefestigt, den Fortschritt wesentlich hemmte, so darf ihr doch ein wesentliches Verdienst um die geistige Entwicklung der Menschheit nicht abgesprochen werden. »Wie das Theologenlatein jener Zeit, »sagt Lange,« so bildeten auch die Formeln der Scholastik ein gemeinsames Element geistigen Verkehrs für ganz Europa. Von der formalen Denkübung abgesehen, die auch in der entartetsten Form der aristotelischen Philosophie noch höchst bedeutend und wirksam blieb, war dieselbe Gemeinsamkeit, welche das alte System geschaffen hatte, bald auch ein vorzügliches Medium für die Verbreitung neuer Gedanken. Die Zeit

*) F. Rosenberger: Geschichte der Physik.

des Wiederauflebens der Wissenschaften fand eine Verbindung unter den Gelehrten Europas vor, wie sie seitdem nie wieder dagewesen ist. Der Ruf einer Entdeckung, eines bedeutenden Buches, eines literarischen Streites verbreitete sich, wo nicht schneller, so doch allgemeiner und gründlicher als in unserer Zeit durch alle gebildeten Länder.«

So vorbereitet, konnten wir um so leichter raschere Fortschritte machen, als uns die Alten die Mühe der ersten Schritte ersparten, Beobachtungen zur Verfügung stellten und durch ihre Fehler uns zur Auffindung des richtigen Weges, den der inductiven Forschung leiteten. Die experimentelle Methode ist es, welche die nunmehr zu betrachtende Weiterentwicklung ermöglichte. Sie datirt von dem Zeitpunkte an, zu welchem man die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken zu ahnen begann.

IV.

Erkenntniß der elektrischen Natur der Gewitter-Erscheinungen.

Die älteste Bemerkung, welche auf die elektrische Natur des Blitzes wenigstens vergleichsweise hindeutet, ist in dem Schlußsatze einer Abhandlung von Dr. Wall aus dem Jahre 1698 zu finden. Wall erhielt nämlich durch Reiben eines großen Stückes Bernstein eine starke Lichtentwicklung und beobachtete auch das Ueberspringen des elektrischen Funkens auf den genäherten Finger, oder, wie er sich ausdrückte, das Ausgehen einer Lichtflamme vom Bernstein und hörte auch das gleichzeitig entstehende Knistern oder Geräusch. Hieran knüpfte er die Bemerkung: »Das Licht und das Knistern scheint einigermaßen Blitz und Donner darzustellen.«

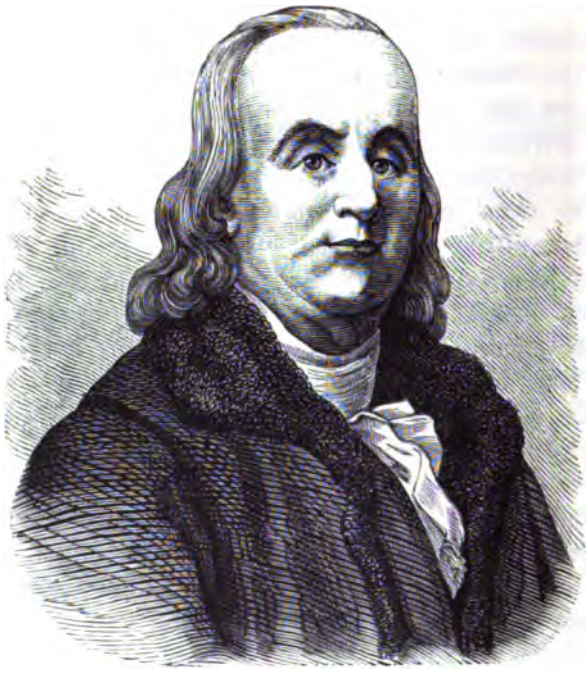
So interessant diese Bemerkung auch erscheinen mag, so ist hieraus doch nicht zu entnehmen, ob Wall hierbei an eine innere Verwandtschaft beider Erscheinungen dachte, oder bloß äußerlich gleichartige Phänomene vergleichen wollte. Hingegen scheint Grey allerdings eine Verwandtschaft des Wesens von Blitz und elektrischem Funken geahnt zu haben, als er in einer Abhandlung aus dem Jahre 1734 sagte: »Und obschon diese bis jetzt erzeugten Wirkungen (er meint Lichterscheinungen und Knistern beim Uebergange von Elektricität von einer Eisenstange auf eine Wasserfläche) nur sehr geringe sind, ist es doch wahrscheinlich, daß man mit der Zeit ein Verfahren ausfindig machen wird, um eine größere Menge elektrischen Feuers zu sammeln und folglich die Stärke dieser Kraft zu vergrößern, welche nach vielen Experimenten derselben Natur zu sein scheint, wie — wenn es gestattet ist, kleine Dinge mit großen zu vergleichen — jene des Donners und des Blitzes.«

Vollkommen bestimmt und unzweideutig sprechen sich Nollet und Winkler aus. Jean Antoine Nollet, geboren im Jahre 1700 zu Pimpré, gestorben im Jahre 1770 in Paris, unterhielt nicht nur einen ausgebreiteten Briefwechsel mit allen hervorragenden Physikern seiner Zeit, sondern entwickelte auch, namentlich auf dem Gebiete der Elektricitätslehre, selbst eine emsige Thätigkeit. Ueber die Natur des Blitzes spricht er sich, wie Fischer in seiner Geschichte der Physik berichtet, in folgender Weise aus: »Sollte sich jemand vornehmen, durch eine mit hinlänglichen Erscheinungen versehene Vergleichung zu beweisen, daß der Donner unter den Händen der Natur eben das sei, was die Elektricität unter den unsrigen ist, daß diese Wunder, womit wir jetzt nach unserem Gutdünken schalten, kleine Nachahmungen von denjenigen starken Wirkungen sind, die uns so sehr erschrecken, und daß alles von einerlei Mechanismus herrühre: sollte man ferner zeigen, daß eine durch die Wirksamkeit der Winde, durch die Hitze, die Vermischung der Dünste u. s. w. zubereitete Wolke, wenn sie einem irdischen Objecte gerade gegenübersteht, eben das sei, was der elektrische Körper bei der Gegenwart und einer gewissen Annäherung desjenigen ist, den man noch nicht elektrisirt hat; so gestehe ich, daß mir dieser Beweis, wenn er mit guten Gründen unterstützt sein sollte, ungemein wohl gefallen würde: und wie viel scheinbare Beweise stellen sich nicht einem Manne dar, der eine vollkommene Erfahrung in der Elektricität erlangt hat. Die allgemeine Gegenwart der Elektricität, ihre schnelle Wirkung, ihre Brennbarkeit und ihre Kraft, andere Materien zu entzünden; die Eigenschaft, welche sie hat, die Körper äußerlich und innerlich bis auf die kleinsten Theile zu erschüttern; das ganze sonderbare Beispiel, welches wir von dieser Wirkung an den Leyden'schen Versuchen haben; die Vorstellung, welche man sich billig davon machen kann, wenn man dabei einen größeren Grad der elektrischen Kraft voraussetzt und noch anderes mehr: alle diese Stücke der Aehnlichkeit, die ich seit einiger Zeit in Ueberlegung gezogen habe, bewegen mich, nach und nach zu glauben, daß man sich von dem Donner und Blitz, wenn die Elektricität zum Muster genommen wird, weit richtigere und wahrscheinlichere Vorstellungen machen könne, als von allen dem, was man sich bisher eingebildet hat.«

Winkler widmete in einer Schrift: »Von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen«, welche im Jahre 1746 in Leipzig erschien, der Frage: ob Schlag und Funken der (durch die Leydener Flasche) verstärkten Elektricität eine Art des Blitzes und des Donners sind, ein eigenes Capitel, worin diese Frage bejaht und der einzige Unterschied in die Stärke gesetzt wird. Winkler selbst sagt, es habe vor ihm noch niemand behauptet, daß der Blitz und der elektrische Funke völlig übereinstimmen.

Doch wenngleich Wall, Grey, Nollet, Winkler und auch Desaguliers, auf dessen Arbeiten wir später noch zurückkommen werden, mehr oder weniger deutlich auf die Aehnlichkeit des elektrischen Funkens mit dem Blitze hinwiesen, so bleibt es doch Franklin's großes und unbestreitbares Verdienst, die Beibringung des Beweises für die Identität dieser beiden Erscheinungen besorgt zu haben. Thatsächlich ist es auch nicht den genannten Physikern, sondern

Fig. 65.



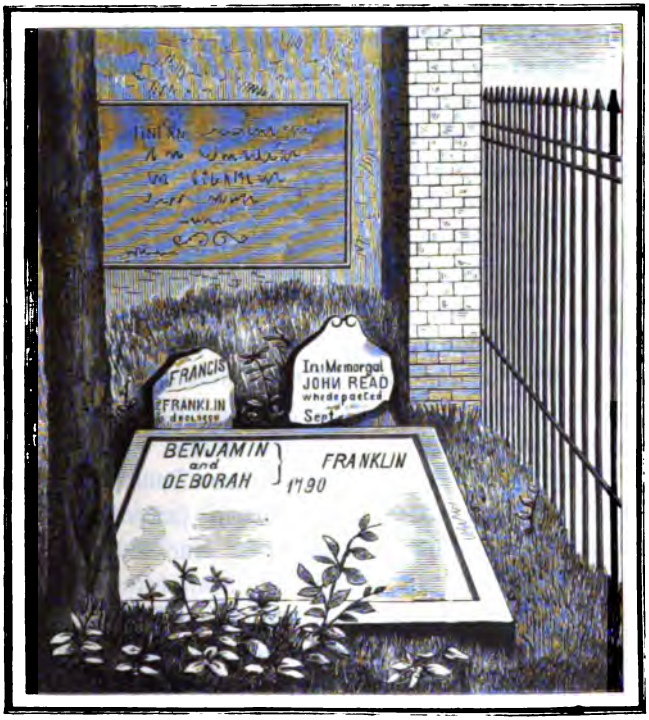
Benjamin Franklin, geb. 1706, gest. 1790.

erst Franklin gelungen, der Lehre über die elektrische Natur des Blitzes allgemeinen Eingang zu verschaffen, und zwar auf Grund unzweideutiger und unwiderlegbarer Experimente.

Benjamin Franklin wurde seinem Vater Josias Franklin, einem Seifensieder, am 17. Januar 1706 auf der zu Boston gehörigen Governorsinsel geboren. Die Absicht, den jungen Benjamin studiren zu lassen, wurde als zu kostspielig bald aufgegeben. Zehn Jahre alt, sollte er sich dem Geschäfte seines Vaters widmen, blieb aber auch hierbei nicht, da er für die Talglichtzieherei und Seifensiederei gar kein Interesse zeigte. Er kam daher zu einem

ſeiner älteren Brüder, einem Buchdrucker, in die Lehre. Hier las er in ſeinen freien Stunden mit einer wahren Leidenſchaft und wurde dadurch angeregt, ſich in der Schriftſtellerei zu verſuchen. Das erſte Reſultat dieſer Verſuche waren einige Balladen, die er ſelbſt zum Verkaufe in der Stadt herumtrug. Später ſchrieb er Artikel für die von ſeinem Bruder herausgegebene Zeitung

Fig. 66.



Franklin's Grab.

und übernahm ſchließlich auch die Redaction des Blattes. Im Jahre 1724 machte er ſeine erſte Reiſe nach London, wo er das Nöthige zur Einrichtung einer Druckerei in Philadelphia einkaufen wollte. Er führte jedoch dieſen Plan nicht aus, ſondern trat in die berühmte Palmer'ſche Druckerei ein. Im Jahre 1728 errichtete er endlich eine eigene Druckerei, die er bald zu einer ſehr gedeihlichen Entwicklung brachte. Nun heiratete er auch die mit ihm ſchon ſeit 1724 verlobte Miß Read. Er vergrößerte ſein Geſchäft, errichtete eine Buch- und Papierhandlung, ward Gründer vieler humanitärer Anſtalten und bethei-

ligte sich überhaupt in hervorragender Weise am öffentlichen Leben. Aus dieser Zeit (um 1740) datiren auch seine elektrischen Versuche.

Im Jahre 1753 wurde er zum Generalpostmeister aller englisch-amerikanischen Colonien ernannt und nun faßte er den Gedanken einer Bundesverfassung und Vereinigung aller Colonien unter einer Centralregierung. Im Jahre 1757 trat er als pennsylvanischer Geschäftsträger seine zweite Reise nach England an und führte als solcher die Regulirung von Steuerangelegenheiten auch zu einem befriedigenden Ende. Im Jahre 1766 brachen in Philadelphia die Unruhen wegen der Stempelacte aus, und Franklin ging neuerdings als Agent Pennsylvaniens und anderer Staaten nach England. Hier vertrat er in energischer Weise die Rechte der Colonien, was ihm das Mißtrauen der englischen Regierung zuzog und seine Generalpostmeisterstelle kostete. Im März 1775 finden wir ihn wieder in Philadelphia, wo er, an der Spitze des Sicherheitsausschusses stehend, zuerst für die Unabhängigkeit der Colonien sprach und am 4. Juli 1776 die Unabhängigkeits-Erklärung thatsächlich zustande brachte. Im Jahre 1778 schloß er in Paris als Bevollmächtigter der dreizehn vereinigten Staaten Nordamerikas einen Allianzvertrag ab. Auch der Friedensschluß im Jahre 1783 ist wesentlich seinen Bemühungen zu verdanken. Bis zum Jahre 1788 blieb er noch politisch in hervorragender Weise thätig; dann zwang ihn aber sein hohes Alter und ein Steinleiden sich zurückzuziehen. Am 17. April 1790 starb er als Amerikas größter Bürger. Ihm zu Ehren ordnete der Congreß eine Nationaltrauer in der Dauer eines Monates an.

Die Inschrift für seinen Grabstein hatte er sich selbst verfaßt; sie lautet: »Hier liegt der Leib Benjamin Franklin's, eines Buchdruckers (gleich dem Deckel eines alten Buches, aus welchem der Inhalt herausgenommen, und der seiner Inschrift und Vergoldung beraubt ist), eine Speise für die Würmer; doch wird das Werk selbst nicht verloren sein, sondern (wie er glaubt) dereinst erscheinen in einer neuen schöneren Ausgabe, durchgesehen und verbessert vom Verfasser.« Franklin ruht auf dem Gottesacker der Christuskirche in Philadelphia an der Seite seiner im Jahre 1744 verstorbenen Frau Deborah. Wie so manche andere innerhalb der eigentlichen Stadt Philadelphia gelegenen Kirchhöfe ist auch dieser gegenwärtig von allen Seiten von Läden und Factoreien begrenzt, umgeben von einer hohen Backsteinmauer, die durch die Stürme beinahe eines Jahrhundertes stark in Verfall gerathen ist, und wäre nicht in derselben eine vergitterte Oeffnung angebracht, der außen Vorübergehende würde die Nähe des Kirchhofes nicht gewahr werden. Seit 1790 ist das Grab des großen Naturforschers und Staatsmannes in demselben Zustande geblieben. Die Marmorplatte ist verwittert, aber aus ihrer Einfachheit spricht noch heute zu uns die edle und bescheidene Gesinnung des Mannes, den seine

Mitwelt liebte, den wir verehren und welchen noch die spätesten Jahrhunderte bewundern werden. Ebenso wie der Congreß bezeigte auch die französische National-Versammlung auf Antrag Mirabeau's ihre Theilnahme durch Anordnung einer dreitägigen Nationaltrauer.*) Auf eine Büste Franklin's, welche der Bildhauer Houdon verfertigte, ließ d'Alembert den Hexameter setzen:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis.**)
(Dem Himmel entriß er den Blitz und das Scepter den Tyrannen.)

Es ist hier nicht der Ort, jener Verdienste zu gedenken, welche sich Franklin auf dem Gebiete der Elektricitätslehre überhaupt erworben hat, sondern nur jene sollen hier erwähnt werden, die sich auf die Naturerscheinung des Blitzes beziehen und welche Franklin zur Erfindung des Blitzableiters führten. Um die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken nachzuweisen, schlug Franklin vor, auf einem höher gelegenen Punkte eine Art Schilderhäuschen zu errichten, aus diesem eine oben zugespitzte Eisenstange hervorragen zu lassen und an dem unteren im Häuschen befindlichen Ende der Stange den elektrischen Zustand derselben zu untersuchen. Er setzte dabei voraus, die Stange müßte dann infolge der weiter unten zu besprechenden Spitzenwirkung elektrisch werden, sobald eine Gewitterwolke über das Häuschen zieht. Franklin ging aber nicht sofort an die Ausführung dieses Vorschlages, sondern richtete vorerst sein Streben darauf, die künstlich erregte elektrische Kraft zu verstärken, um in solcher Weise Blitz und elektrischen Funken einander näher zu bringen. Dies war die Veranlassung, daß zwei Franzosen, Dalibard und Delor, mit der Ausführung des entscheidenden Versuches Franklin zuvorkamen.

Dalibard errichtete, wie Prieſtley in seiner Geschichte der Elektricität erzählt, seinen Apparat zu Marly la ville in der Nähe von Paris. Der Apparat bestand aus einer Eisenstange von 40 Fuß Länge, deren unteres Ende in ein Schilderhäuschen ragte, so daß es der Regen nicht erreichen konnte, während die Stange außerhalb durch seidene Schnüre an drei Holzsäulen befestigt war. Die Bewachung des Apparates vertraute Dalibard einem intelligenten und unerschrockenen Manne, Namens Coiffier, dem er die nothwendigen Weisungen ertheilt hatte, an. Diesem Manne gelang es nun, in Abwesenheit Dalibard's am 10. Mai 1752, als ein Gewitter heranzog, zum ersten Male der Stange Funken zu entlocken. Das Experiment wurde

*) Elektro-technische Rundschau 1885.

**) Als Nachbildung des Verses von Manilius: »Eripuitque Jovi fulmen viresque tonandi« (Und er [Numa] entriß Jupiter den Blitz und die Donnerkräfte).

in Gegenwart des Pfarrers von Marly und vieler anderer Zeugen mehrfach wiederholt. In dem Berichte, welchen der Pfarrer hierüber an Dalibard absandte, heißt es, daß die aus der Stange gezogenen Funken ein und einen halben Zoll lang waren, eine blaue Färbung zeigten und stark nach Schwefel rochen.

Acht Tage später machte Delor dieselben Beobachtungen an einer Eisenstange, welche an einem der höchst gelegenen Punkte von Paris errichtet war. Die Versuche wurden dann auch in Gegenwart des Königs (Ludwigs XV.) wiederholt und von Buffon, Dalibard und Delor weiter verfolgt. Delor's Eisenstange war 99 Fuß lang und gestattete ihrer bedeutenden Höhe wegen auch die Beobachtung elektrischer Funken, selbst wenn kein Gewitter über dieselbe hinwegzog. Durch die angegebenen Versuche war also die Identität von Blitz und elektrischem Funken unzweifelhaft festgestellt.

Franklin selbst führte endlich, nachdem er längere Zeit auf die Vollendung einer Kirchthurmspitze vergeblich gewartet hatte, den von ihm angegebenen Nachweis der elektrischen Natur des Blitzes im Juni 1752 durch das bekannte Experiment mit dem Drachen. Ein Drache, wie solcher noch heute ein beliebtes Spielzeug für Kinder bildet, wurde mit einer Spitze aus Eisendraht versehen und beim Herannahen eines Gewitters steigen gelassen. An das Ende der Hanfschnur hatte Franklin einen Schlüssel geknüpft, und dieser selbst wurde unter Vermittlung einer Seidenschnur gehalten. Zunächst wollten sich keinerlei elektrische Erscheinungen zeigen; als aber Regen fiel und die Hanfschnur durchnäßte, konnte Franklin Funken aus dem Schlüssel ziehen, womit die Richtigkeit seiner Ansicht über die Natur des Blitzes bewiesen war.

Die großartigsten und überraschendsten Wirkungen dieser Art erhielt de Romas zu Nerac mit Hilfe eines Drachen von $7\frac{1}{2}$ Fuß Höhe und 3 Fuß Breite, dessen Oberfläche 18 Quadratfuß betrug. In die Hanfschnur desselben war ein Eisendraht eingelassen, dessen unteres Ende sich an einen Conductor, eine Metallröhre, anschloß. Als de Romas im Juni 1753 diesen Drachen bis zu einer Höhe von 550 Fuß steigen gelassen hatte, zog er aus dem Conductor Funken von 3 Zoll Länge und 3 Linien Dicke, welche mit so starkem Knistern übersprangen, daß man dieses 200 Schritte weit vom Conductor noch hören konnte. De Romas selbst hatte, noch über 3 Fuß weit von der Schnur entfernt, im Gesichte das Gefühl von Spinnweben. Während sich de Romas und die Zuschauer weiter zurückzogen, hob sich der Drache noch um weitere hundert Fuß, wobei das blanke Eisenrohr drei Fuß über die Erdoberfläche zu schweben kam. Hierbei wurde weder ein Blitz beobachtet, noch regnete es. Zwischen dem Eisenrohre und der Erde führten drei Strohhalme

einen elektrischen Puppentanz auf und ergötzten hiermit die Gesellschaft nahezu eine Viertelstunde lang. Da fielen die ersten Regentropfen und man vernahm ein anhaltendes Sausen, welches de Romas für eine Folge der anwachsenden elektrischen Spannung hielt. Kaum hatte er die anwesende Gesellschaft aufgefordert, noch weiter zurückzutreten, als der längste (d. h. etwa einen Fuß lange) Strohhalm von dem Eisenrohre angezogen wurde: es erfolgten drei Explosionen, deren heftiger Schall jenem des Donners ähnlich war. Gleichzeitig sah man Feuerbündel von 8 Zoll Länge und 5 Linien Durchmesser. Obwohl diese Versuche am Tage stattfanden, sah man doch die Schnur mit einem Lichtcylinder von etwa drei oder vier Zoll Durchmesser umhüllt. An jener Stelle des Bodens, über welcher das Eisenrohr gehangen war, bemerkte man nach Beendigung des Experimentes ein Loch von einem Zoll Tiefe und einem halben Zoll Breite. Bis zum Schlusse des Experimentes wurde kein Blitz beobachtet. Am 28. August 1756 führte, wie Priestley berichtet, derselbe Drache Feuerströme von einem Zoll Durchmesser und zehn Fuß Länge zur Erde und zeigte durch diese unerwartete Erscheinung die außerordentliche Gefährlichkeit derartiger Experimente.

Kehren wir wieder zu Franklin zurück. Es war also durch die geschilderten Versuche die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken bewiesen; ältere Erfahrungen hatten gezeigt, daß eine ununterbrochene metallische Leitung den Blitz ohne Beschädigung anderer Körper bis zur Erde herabführt und daß metallische Spitzen das Vermögen besitzen, die Elektricität allmählich ohne Funken und Schlag abzuleiten. Die Erwägung dieser Thatsachen war es nun, welche Franklin (und, wie später gezeigt werden soll, unabhängig von ihm auch Divisch) zur Erfindung des Blitzableiters führte.

Was zunächst den ersten Umstand betrifft, so erzählt Fischer hierüber folgendes: Reimann hat am 17. Juli 1717 zu Eperies in Ungarn beobachtet, daß der Blitz an verschiedenen Drähten herab dem Eisen nachgefahren sei und nur beim Uebergange aus einem Drahte in den anderen die dazwischen liegenden Steine zerschmettert habe. Der Urheber dieser Beobachtung vermuthet hieraus eine »sonderbare Sympathie des Blitzes mit dem Eisen«, weil im Jahre 1673 der Blitz ebendaselbst an einem eisernen Drahte, welcher damals länger gewesen, ohne daß ihm ein Stein entgegenstand, bis zu unterst herabgefahren sei. Was die Spitzenwirkung anbelangt, scheint nach Priestley, Tallabert der erste gewesen zu sein, welcher bemerkte, daß ein an einem Ende zugespitzter und an dem anderen Ende abgerundeter Körper verschiedene Wirkungen auf einen und denselben Körper ausübe, je nachdem man letzterem das spitze oder das abgerundete Ende des ersteren zuwendet. Abbé Nollet, vor welchem das Experiment gemacht wurde, bemerkt aber hierzu, die Wirkung sei

in Gegenwart des Pfarrers von Marly und vieler anderer Zeugen mehrfach wiederholt. In dem Berichte, welchen der Pfarrer hierüber an Dalibard absandte, heißt es, daß die aus der Stange gezogenen Funken ein und einen halben Zoll lang waren, eine blaue Färbung zeigten und stark nach Schwefel rochen.

Acht Tage später machte Delor dieselben Beobachtungen an einer Eisenstange, welche an einem der höchst gelegenen Punkte von Paris errichtet war. Die Versuche wurden dann auch in Gegenwart des Königs (Ludwigs XV.) wiederholt und von Buffon, Dalibard und Delor weiter verfolgt. Delor's Eisenstange war 99 Fuß lang und gestattete ihrer bedeutenden Höhe wegen auch die Beobachtung elektrischer Funken, selbst wenn kein Gewitter über dieselbe hinwegzog. Durch die angegebenen Versuche war also die Identität von Blitz und elektrischem Funken unzweifelhaft festgestellt.

Franklin selbst führte endlich, nachdem er längere Zeit auf die Vollendung einer Kirchthurmspitze vergeblich gewartet hatte, den von ihm angegebenen Nachweis der elektrischen Natur des Blitzes im Juni 1752 durch das bekannte Experiment mit dem Drachen. Ein Drache, wie solcher noch heute ein beliebtes Spielzeug für Kinder bildet, wurde mit einer Spitze aus Eisendraht versehen und beim Herannahen eines Gewitters steigen gelassen. An das Ende der Hanfschnur hatte Franklin einen Schlüssel geknüpft, und dieser selbst wurde unter Vermittlung einer Seidenschnur gehalten. Zunächst wollten sich keinerlei elektrische Erscheinungen zeigen; als aber Regen fiel und die Hanfschnur durchnäßte, konnte Franklin Funken aus dem Schlüssel ziehen, womit die Richtigkeit seiner Ansicht über die Natur des Blitzes bewiesen war.

Die großartigsten und überraschendsten Wirkungen dieser Art erhielt de Romas zu Nerac mit Hilfe eines Drachen von $7\frac{1}{2}$ Fuß Höhe und 3 Fuß Breite, dessen Oberfläche 18 Quadratfuß betrug. In die Hanfschnur desselben war ein Eisendraht eingelassen, dessen unteres Ende sich an einen Conductor, eine Metallröhre, anschloß. Als de Romas im Juni 1753 diesen Drachen bis zu einer Höhe von 550 Fuß steigen gelassen hatte, zog er aus dem Conductor Funken von 3 Zoll Länge und 3 Linien Dicke, welche mit so starkem Knistern übersprangen, daß man dieses 200 Schritte weit vom Conductor noch hören konnte. De Romas selbst hatte, noch über 3 Fuß weit von der Schnur entfernt, im Gesichte das Gefühl von Spinnweben. Während sich de Romas und die Zuschauer weiter zurückzogen, hob sich der Drache noch um weitere hundert Fuß, wobei das blanke Eisenrohr drei Fuß über die Erdoberfläche zu schweben kam. Hierbei wurde weder ein Blitz beobachtet, noch regnete es. Zwischen dem Eisenrohre und der Erde führten drei Strohhalme

Franklin oder durch die eben genannte Schrift, wie mehrfach behauptet wird, sondern vollkommen selbstständig und unabhängig faßte ein Oesterreicher, Prokop Divisch, nicht nur den Gedanken, einen Blitzableiter zu construiren, sondern schritt auch als erster zur Aufstellung eines solchen. Dies hat Doctor Jul. Frieß in einem verdienstvollen Aufsatze, betitelt: Prokop Divisch. Ein

Fig. 67.

Prokop Divisch, geb. 1696, gest. 1765.

Beitrag zur Geschichte der Physik (Olmütz 1884), vollkommen sicher nachgewiesen.

Prokop Divisch wurde am 1. August 1696 zu Senftenberg in Böhmen geboren, studirte Theologie und wurde im Jahre 1726 zum Priester geweiht. Er hatte zunächst das Lehramt für Naturwissenschaften und Philosophie an der Klosterschule der Prämonstratenser in Bruck zu versehen und mußte später auch Theologie vortragen; er versah beide Aemter zur vollen Zufriedenheit seiner Vorgesetzten. Im Jahre 1733 wurde er auf Grund einer Dissertation von der Universität in Salzburg zum Doctor der Gottesgelehrt-

heit und Weltweisheit ernannt. Drei Jahre darauf erhielt er die kleine Pfarre zu Brenditz unweit Znaim in Mähren, wo er seine Mußestunden mit physikalischen Studien zubrachte. Zur Zeit des ersten schlesischen Krieges wurde er in das Kloster zurückberufen, da man in so schweren Zeiten eine so hervorragende Kraft wie Divisch nicht entbehren konnte; er versah daselbst die Stelle eines Priors bis zur Beendigung des Krieges und kehrte im Jahre 1745 wieder auf seine Pfarre in Brenditz zurück, wo er sich neuerdings physikalischen Studien hingab. Aufsehen erregten ein von ihm erfundenes musikalisches Instrument, das Denisdor, und seine elektrischen Curen. Letztere zogen ihm aber auch eine große Anzahl von Neidern und Feinden zu. Erst nach vielen Mißerfolgen und Kämpfen gelang es ihm im Jahre 1765 seine Magia naturalis in Tübingen auszugsweise in Druck zu bringen. Im selben Jahre am 21. December starb Divisch. Den Anfeindungen seiner Widersacher gegenüber mag ihm wohl die Anerkennung der großen Kaiserin Maria Theresia Genugthuung gewährt haben. In jüngster Zeit ehrten die Bewohner Znaim's sein Andenken durch einen Divisch-Platz, während er von seinen Freunden durch das Epigramm gefeiert wurde:

Non laudate Jovem gentes! quid vester Apollo?
Iste magis Deus est fulminis atque soni.
(Nicht mehr preiset Zeus, o Völker; nicht mehr Apollo!
Ist im Blitze und Ton er doch der größere Gott.)

Die elektrischen Versuche, welche Divisch schließlich zur Construction seines Blitzableiters führten, hatten so bedeutendes Aufsehen erregt, daß Divisch im Jahre 1750 nach Ostern an das kaiserliche Hoflager zu Wien berufen wurde, um vor dem Kaiser Franz und der Kaiserin Maria Theresia seine Versuche zu zeigen. Letztere fanden Beifall und Divisch wurde von den Majestäten mit einer schweren goldenen Medaille beschenkt. Auch ein gelehrter Jesuit, Pater Franz, lud Divisch ein, um diesem seine Versuche zu zeigen. Bei dieser Gelegenheit war es, als die Elektrisirmaschine des Pater Franz allen Bemühungen zum Trotze plötzlich ihre Wirksamkeit einstellte. Divisch hatte nämlich über 20 eiserne Spitzen in seiner Perücke verborgen und neigte sich, wie um die Apparate näher zu betrachten, über dieselben. Durch die Wirkung der Spitzen leitete er die Elektricität durch seinen Körper zur Erde ab. Damals, also im Jahre 1750, war es, daß Divisch den Gedanken faßte, die Spitzenwirkung zur Construction eines Blitzableiters zu benützen. Er macht nämlich die Bemerkung, daß man die Elektricität aus einer Maschine ohne Wissen eines anderen ableiten könne und dies die Grundregel gewesen sei, nach welcher er seine meteorologische Maschine (d. h. seinen Blitzableiter) construirt habe.

»Indem ich bemerke,« sagt Divisch, »daß der Blitz derselben Natur sei, wie das elektrische Feuer, faßte ich den Entschluß, nach den Principien der Elektricität und den Experimenten eine Maschine zu construiren, um das Gewitter abzuwenden. Mit der Ausführung dieser Idee habe ich einige Zeit gewartet, um zu sehen, was andere Gelehrte herausbringen.«

Wann der sehr complicirte Apparat construirt wurde, läßt sich nicht genau feststellen; es ist aber als sicher anzunehmen, daß er schon zu Ende des Jahres 1752 oder anfangs 1753 ersonnen war, da der Decan Oetinger desselben in einem vom 27. Februar 1753 datirten, an Divisch gerichteten Schreiben gedenkt. Fricker, welcher Divisch im Jahre 1753 besuchte, schrieb: »Vor meinem Abschied hat mir Herr Dr. Divisch im Discurs von dem Zufall des seligen Herrn Professor Richmann einen Vorschlag zur Verfertigung einer elektrischen und von der ordinären Einrichtung mit der eisernen Stange sehr abweichenden Wettermaschine angepriesen.« Somit konnte Divisch nicht von Winkler angeregt worden sein, seinen Blitzableiter aufzustellen, sondern er hat ihn offenbar ganz selbständig und unabhängig von Anderen erfunden und aufgestellt. Durch den Tod Richmann's, auf den wir noch zurückkommen werden, wurde Divisch veranlaßt, eine Abhandlung zu schreiben, worin er theoretisch begründete, daß die Errichtung spitzer, unten isolirter Stangen ein großer Fehler sei, indem dadurch der Blitz nicht abgeleitet, sondern nur angezogen würde. Die Berliner Akademie, an welche die Abhandlung übersandt wurde, würdigte Divisch keiner Antwort; dieser aber schritt nunmehr zur Aufstellung seiner meteorologischen Maschine am 15. Juni 1754 zu Brenditz in Mähren.

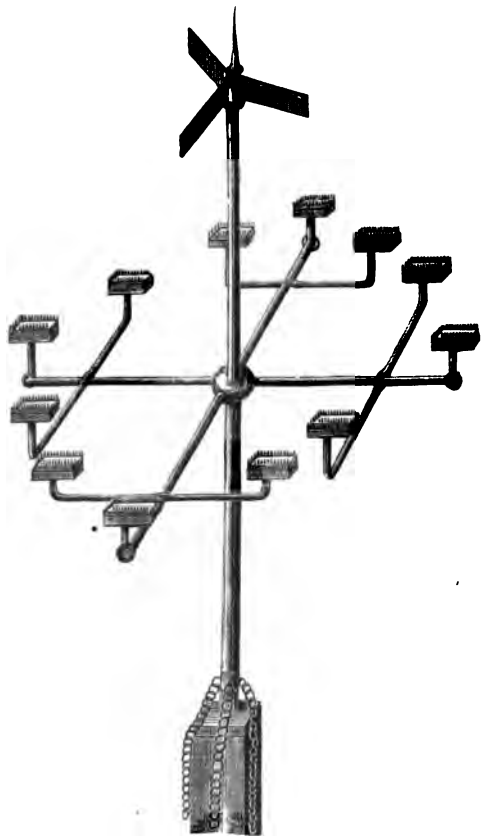
Die etwas complicirte Form, welche Divisch seinem Blitzableiter (seiner meteorologischen Maschine) gab, ist aus Figur 68 zu entnehmen. An einer verticalen oben zugespitzten starken Eisenstange wurde ein horizontales eisernes Kreuz befestigt und jeder Arm desselben trug wieder eine eiserne Querstange. Die Enden aller horizontalen Eisenstangen waren nach aufwärts gebogen und mit eigenthümlichen Kästchen versehen. Letztere bestanden nämlich aus Blech, waren mit Eisenfeilspänen gefüllt und durch einen Deckel aus Buchenholz verschlossen. Aus diesen ragten eine große Anzahl von Eisenspitzen heraus, deren untere Enden in die Eisenfeile tauchten. Die verticale Eisenstange erhielt unterhalb der Spitze leicht drehbare Windflügel, welche die Bestimmung hatten, durch ihre Bewegung die Vögel zu verscheuchen.

Divisch befestigte seine Maschine zunächst auf einer starken 8 Klafter hohen, in seinem Garten aufgestellten Stange und setzte sie durch Ketten mit

der Erde in leitende Verbindung; da er aber diese Höhe zu gering fand, erhöhte er die Stange auf 22 Klafter.

»Gleich an demselben Tage«, (d. h. am 15. Juni 1754) schreibt Frieß, »hatte er Gelegenheit, die Wirkung derselben zu erproben. Um 2 Uhr Nach-

Fig. 68.



Meteorologische Maschine von Divisch.

mittags stieg von Norden ein Gewitter auf und als es gegen die Maschine gekommen war, sah er weiße, dünne Streifen, die sich gegen dieselbe richteten. Nach einigen Minuten lagerte sich über dem Leiter eine weiße feine Wolke, das Gewitter nahm ab und breitete sich gegen Osten aus.«

Divisch hatte wiederholt Gelegenheit, sich von der Wirksamkeit seiner Maschine zu überzeugen, sogar auch die Gegenprobe zu machen, als ihm einmal

ein sehr heftiger Sturm die eiserne Stange brach, an welcher das Kreuz befestigt war und dieses sammt der Kette herabschleuderte. Als dies geschehen war, entlud sich auch das Gewitter sofort.

In Bezug auf die Theorie, welche sich Divisch für die elektrischen Erscheinungen gebildet hat, müssen wir auf die sehr lesenswerte Abhandlung von Professor Dr. Jul. Frieß verweisen. Beim Lesen derselben geräth man in lebhaftes Erstaunen, wenn man erfährt, mit welchen Mitteln und welcher Beharrlichkeit die Feinde unseres Divisch, diesen und seine Erfindungen und Arbeiten bekämpft haben und man begreift, daß unter solchen Umständen Divisch jener Erfolg versagt bleiben mußte, den durch dieselbe Erfindung, allerdings in viel einfacherer Form, Franklin errang.

Die Gegner des österreichischen Erfinders warfen der Maschine große Gefährlichkeit vor und tadelten, daß die Aufstellung derselben in Brenditz die großen schädlichen Wassergüsse, welche zur selben Zeit in der Umgebung sich ereigneten, nicht zu verhindern im Stande war. Umgekehrt schrieb man wieder der Maschine die Schuld zu, daß der Herbst 1754 sehr trocken, der Winter sehr kalt war und bis Ende December kein Schnee fiel. Die letzte Beschuldigung wurde durch den Himmel selbst widerlegt, da sich im Januar und Februar 1755 reichliche Schneefälle einstellten. Nun wurde gar behauptet, die Abwehrung des Blitzes sei ein Eingriff in die Macht Gottes, dürfe also als eine Gottlosigkeit nicht geduldet werden. Die Bauern wurden aber dadurch gegen Divisch aufgehetzt, daß man ihnen sagte, Divisch verjage durch seine Maschine die Gewitter aus seinem Bezirke, sende sie aber den benachbarten Gemeinden zu. Diese unausgesetzten Wühlereien und Hetzereien blieben nicht ohne Wirkung, und so geschah es, daß die Bauern in der Nacht des 10. März 1760 die Ketten gewaltsam von den Pflöcken rissen und die Stange des Kreuzes beschädigten; ein zufällig unmittelbar darauf losgebrochener Sturm vollendete das Zerstörungswerk, indem er das Kreuz ganz herabschleuderte. Von einer Wiederaufrichtung der Maschine sah Divisch auf Anrathen des Prälaten Hermenegild Mayer ab und ließ die Maschine nach Bruck bringen. Er ließ sich hierzu auch nicht mehr bewegen, als später heftige Gewitter in den Weinbergen und auf den Feldern großen Schaden anrichteten, und seine Pfarrkinder um die Wiederaufrichtung der Maschine baten. Divisch wandte sich vielmehr an seinen hohen Gönner, Kaiser Franz, mit dem Vorschlage, in verschiedenen Gegenden seine Wetterableiter aufzustellen — aber auch vergebens, da die Wiener Mathematiker weder die Möglichkeit, noch den Nutzen der Maschine einsehen konnten. Da Divisch überdies keine Beschreibung seiner Maschine veröffentlichte (dies geschah erst später durch Pelzel), so wurde diese wenig bekannt und beachtet.

der Erde in leitende Verbindung; da er aber diese Höhe zu gering erhöhte er die Stange auf 22 Klafter.

»Gleich an demselben Tage« (d. h. am 15. Juni 1754) schreibt F »hatte er Gelegenheit, die Wirkung derselben zu erproben. Um 2 Uhr

Fig. 68.

Meteorologische Maschine von Divisch.

mittags stieg von Norden ein Gewitter auf und als es gegen die Ma gekommen war, sah er weiße, dünne Streifen, die sich gegen dieselbe rich Nach einigen Minuten lagerte sich über dem Leiter eine weiße feine W das Gewitter nahm ab und breitete sich gegen Osten aus.«

Divisch hatte wiederholt Gelegenheit, sich von der Wirksamkeit Maschine zu überzeugen, sogar auch die Gegenprobe zu machen, als ihm ei

ein sehr heftiger Sturm die eiserne Stange brach, an welcher das Kreuz befestigt war und dieses sammt der Kette herabschleuderte. Als dies geschehen war, entlud sich auch das Gewitter sofort.

In Bezug auf die Theorie, welche sich Divisch für die elektrischen Erscheinungen gebildet hat, müssen wir auf die sehr lesenswerte Abhandlung von Professor Dr. Jul. Frieß verweisen. Beim Lesen derselben geräth man in lebhaftes Erstaunen, wenn man erfährt, mit welchen Mitteln und welcher Beharrlichkeit die Feinde unseres Divisch, diesen und seine Erfindungen und Arbeiten bekämpft haben und man begreift, daß unter solchen Umständen Divisch jener Erfolg versagt bleiben mußte, den durch dieselbe Erfindung, allerdings in viel einfacherer Form, Franklin errang.

Die Gegner des österreichischen Erfinders warfen der Maschine große Gefährlichkeit vor und tadelten, daß die Aufstellung derselben in Brenditz die großen schädlichen Wassergüsse, welche zur selben Zeit in der Umgebung sich ereigneten, nicht zu verhindern im Stande war. Umgekehrt schrieb man wieder der Maschine die Schuld zu, daß der Herbst 1754 sehr trocken, der Winter sehr kalt war und bis Ende December kein Schnee fiel. Die letzte Beschuldigung wurde durch den Himmel selbst widerlegt, da sich im Januar und Februar 1755 reichliche Schneefälle einstellten. Nun wurde gar behauptet, die Abwehrung des Blitzes sei ein Eingriff in die Macht Gottes, dürfe also als eine Gottlosigkeit nicht geduldet werden. Die Bauern wurden aber dadurch gegen Divisch aufgehetzt, daß man ihnen sagte, Divisch verjage durch seine Maschine die Gewitter aus seinem Bezirke, sende sie aber den benachbarten Gemeinden zu. Diese unausgesetzten Wühlereien und Hetzereien blieben nicht ohne Wirkung, und so geschah es, daß die Bauern in der Nacht des 10. März 1760 die Ketten gewaltsam von den Pflöcken rissen und die Stange des Kreuzes beschädigten; ein zufällig unmittelbar darauf losgebrochener Sturm vollendete das Zerstörungswerk, indem er das Kreuz ganz herabschleuderte. Von einer Wiederaufrichtung der Maschine sah Divisch auf Anrathen des Prälaten Hermenegild Mayer ab und ließ die Maschine nach Bruck bringen. Er ließ sich hierzu auch nicht mehr bewegen, als später heftige Gewitter in den Weinbergen und auf den Feldern großen Schaden anrichteten, und seine Pfarrkinder um die Wiederaufrichtung der Maschine baten. Divisch wandte sich vielmehr an seinen hohen Gönner, Kaiser Franz, mit dem Vorschlage, in verschiedenen Gegenden seine Wetterableiter aufzustellen — aber auch vergebens, da die Wiener Mathematiker weder die Möglichkeit, noch den Nutzen der Maschine einsehen konnten. Da Divisch überdies keine Beschreibung seiner Maschine veröffentlichte (dies geschah erst später durch Pelzel), so wurde diese wenig bekannt und beachtet.

Franklin's Vorschläge und Versuche wurden hingegen rasch allgemein bekannt, allgemein nachgemacht und bewundert. Immerhin scheint Franklin, abgesehen von der Aufstellung einer Wetterstange auf seinem eigenen Hause, betreffs Studiums der atmosphärischen Elektricität, erst im Jahre 1760 (also ungefähr 6 Jahre nach Divisch) den ersten Blitzableiter, und zwar auf dem Hause des Kaufmannes West in Philadelphia, errichtet zu haben. Ihm folgten mit der Errichtung von Blitzableitern im Jahre 1762 Watson zu Paynesbill in England, 1769 Joh. Albert Heinrich Reimarus auf dem Jacobikirchthurme und im Jahre 1771 Sauſſure in Genf. Im Jahre 1782 waren von 1300 Häusern in Philadelphia bereits mehr als 400 mit Blitzableitern versehen. Zu vorstehenden Mittheilungen über die ersten Anwendungen des Blitzableiters ist noch ergänzend hinzuzufügen, daß in Deutschland Winkler, wie schon oben erwähnt, unabhängig von Franklin, bereits im September 1753 durch eine Schrift, betitelt: **Programma de avertendi fulminis artificio** zur Aufstellung von Blitzableitern aufgefordert hatte.

Sowohl Franklin als auch Divisch, beide wurden durch das Studium der Spitzenwirkung auf die Idee des Blitzableiters gebracht. Hiernach sollte die Aufgabe eines Blitzableiters nicht bloß darin bestehen, einen ihn zufällig treffenden Blitzschlag gefahrlos abzuleiten, sondern der Blitzableiter hätte vielmehr auch, vermöge seiner Spitzenwirkung, die Elektricität der Wolken zu vernichten, letztere gewissermaßen zu entwaffnen. Soweit war es selbstverständlich, daß man hohe spitze Stangen in Anwendung brachte.

Als nun aber ein Blitzschlag ein Pulvermagazin in Brescia in die Luft sprengte, zeigte sich, daß die Anwendung der Spitzen auf Gegnerschaft stoße. Der Generalstab der englischen Artillerie sah sich nämlich veranlaßt, an die königliche Gesellschaft mit dem Ersuchen heranzutreten, sie möge sich gutächtlich über den besten Schutz der Gebäude durch Blitzableiter äußern. Die Gesellschaft wählte im Jahre 1772 einen Ausschuß, bestehend aus Cavendish, Franklin, Robertson, Watson und Wilson. Während sich nun die vier erstgenannten Mitglieder für die Anwendung der spitzen Ableiter aussprachen, empfahl Wilson stumpfe und schrieb 1773 sogar eine lange Abhandlung über diesen Gegenstand, die Ansicht vertretend: spitze Ableiter seien verwerflich, da sie den Blitz anziehen und so eine gefährliche Materie solle man nicht zum Besuche einladen. Wilson trat immer energischer für seine Ansicht ein und suchte sie durch Experimente zu stützen, als der Blitz im Jahre 1777 das mit spitzen Blitzableitern versehene Schiffsmagazin zu Purfleet traf. Als Gegner Wilson's trat der Mechaniker Edward Nairne in London auf, widerlegte des ersteren Ansichten, und beendigte dadurch den Streit. Die Ergebnisse der Versuche und Discussionen wurden von Reimarus zusammengestellt in den

beiden Schriften: »Vom Blitze, aus praktischen Erfahrungen 1778« und »Neuere Bemerkungen vom Blitze 1794«.

Von dieser Zeit an gewannen die Blitzableiter fortwährend an Verbreitung und erfuhren, den inzwischen gesammelten Erfahrungen entsprechend, auch verschiedene Veränderungen. Letztere beschränken sich aber bis auf den heutigen Tag nur auf die Ausführung der Anlage eines Blitzableiters, lassen hingegen die Hauptanordnung desselben unberührt. Im Jahre 1823 faßte Louis Josef Gay-Lussac über Auftrag der französischen Akademie alle Verbesserungen zusammen und veröffentlichte in Form einer Denkschrift seine Instructionen zur Errichtung von Blitzableitern. Ein neuerliches Gutachten erschien im Jahre 1855 von Pouillet, veranlaßt durch den Bau des Industriepalastes für die erste Weltausstellung in Paris. In England erwarb sich Snow Harris besondere Verdienste durch seine gründlichen Arbeiten, speciell die Bewaffnung der Schiffe gegen den Blitz betreffend.

Franklin's Versuche wurden aber nicht nur in praktischer Beziehung durch die hierdurch veranlaßte Erfindung des Blitzableiters epochemachend, sondern sie veranlaßte die Physiker auch, sich mit den elektrischen Erscheinungen des Gewitters und der Atmosphäre überhaupt eingehend zu beschäftigen. Hierbei gelang es den Zeitgenossen und Nachfolgern Franklin's unser Wissen wesentlich zu bereichern. Derham hat bereits in der ersten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts darauf aufmerksam gemacht, daß man bei Kenntniß der Schallgeschwindigkeit aus der Zeit, welche zwischen Blitz und Donner verfließt, die Entfernung eines Gewitters bestimmen könne. Knight 1759 und Kinnersley (1761) widerlegten die bis zur Zeit verbreitete Ansicht, daß das Schmelzen der Metalle durch den Blitzstrahl auf kaltem Wege erfolge, eine Ansicht, die ursprünglich auch Franklin vertrat. Veranlassung zu dieser Annahme gaben die Erzählungen, wonach der Blitz Degen in der Scheide und Geld in den Börsen geschmolzen haben soll, ohne die Scheiden oder Börsen zu verbrennen. Knight wies nach, daß die Wahrheit jener Erzählungen ganz unverbürgt sei und daß wirklich glaubwürdige Fälle sich immer nur auf ganz oberflächliche Schmelzungen, z. B. an der Spitze oder Scheide des Degens beziehen. Da aber ein Draht desto rascher glühend wird oder erkaltet, je dünner er ist, so müsse auch die scharfe Schneide oder Spitze eines Degens sich so verhalten. Der Blitzstrahl erhitzt daher die Schneide allerdings so stark, daß eine Schmelzung eintreten kann, aber die minimale geschmolzene Metallschichte gibt ihre Wärme augenblicklich an die große Metallmasse des Degens ab und ist aus diesem Grunde nicht im Stande, das Holz oder Leder der Scheide bis zum Feuerfangen zu erhitzen. Diese Ansicht bestätigte Kinnersley durch verschiedene Experimente. Eines derselben bestand z. B. darin, daß er an einen

dünnen Metalldraht Schießpulver brachte und dann durch ersteren eine Leydener Batterie entlud, wodurch der Draht zum Glühen gebracht wurde; im selben Momente verpuffte auch das Pulver.

Beccaria beobachtete, daß vom Blitze getroffene Steine und Ziegel häufig verglast sind und schloß daraus, daß zuweilen auch Steine in der Erde getroffen und in dieser Art verändert werden; solche Steine könnten dann den Volksglauben an Donnersteine veranlaßt haben. Hermann hatte schon im Jahre 1711 zu Massel in Schlesien eine Blitzröhre aufgefunden, und sie fossile aborescens benannt; diese Röhre wurde im mineralogischen Cabinete zu Dresden unter dem ganz unpassenden Namen osteocolla maslensis vitrificata aufbewahrt. Erst Hentzen, welcher in der Senner Heide bei Paderborn Blitzröhren fand, gab im Jahre 1805 die richtige Erklärung ihrer Entstehung, indem er sagte, daß Blitzröhren dort entstünden, wo der Blitz in sandiges Erdreich schlägt; an solchen Stellen werden die Quarzkörner zu mehr oder weniger langen Röhren von glasartiger Beschaffenheit zusammengeschmolzen. Eine große Anzahl von Blitzröhren hat später Fiedler einer genauen Untersuchung unterworfen, durch welche Hentzen's Ansicht bestätigt wurde, während man vorher die Blitzröhren für Wurzel-Incrustationen oder wohl auch für Gehäuse von Würmern hielt.

In fast allen, Blitzschläge betreffenden Erzählungen sowohl aus ältester wie auch aus neuerer Zeit wird eines eigenthümlichen Geruches erwähnt, der an den getroffenen Orten wahrgenommen wurde; gewöhnlich verglich man diesen Geruch mit jenem des brennenden Schwefels. Gardini scheint im Jahre 1793 zuerst einen ähnlichen Geruch bei der aus Spitzen ausströmenden Elektricität beobachtet zu haben. Die richtige Erklärung für das Entstehen dieses Geruches zu geben, war Schönbein vorbehalten, als dieser im Jahre 1839 das Ozon darstellte. Er zeigte, daß der Sauerstoff durch Einwirkung der Elektricität in einen eigenthümlichen Zustand übergeht, in welchem er einen specifischen Geruch besitzt; dieser modificirte Sauerstoff wird Ozon genannt.

Bis zur Zeit Franklin's wurde das Elmsfeuer zwar nicht selten beobachtet und beschrieben, aber zur Aufklärung der Natur desselben kein Beitrag geleistet. So erzählt z. B. der Ritter von Forbin im Hamburger Magazin über eine derartige Erscheinung Nachstehendes. Im Jahre 1696 zog sich plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobei entsetzliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Eines unter anderen befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als $1^1/_2$ Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Gezisch

machen, als wenn man angefeuchtetes Schießpulver anzündet. Ich befahl ihm den Flügel abzunehmen und damit herunter zu kommen. Kaum hatte er ihn aber von der Stelle weggenommen, so ging das Feuer davon weg und setzte sich auf die Spitze des Mastes, ohne daß man es hätte davon abbringen können. Es blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und nach verging. Der gedrohte Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der etliche Stunden dauerte.

Solche und ähnliche Beschreibungen liegen in ziemlich großer Anzahl vor. Da man schon seit den ältesten Zeiten den innigen Zusammenhang zwischen dem Elmsfeuer und den übrigen Gewittererscheinungen beobachtet hatte, lag es, nachdem von Franklin der Nachweis für die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken beigebracht worden war, nahe, auch in dem Elmsfeuer eine Erscheinung elektrischer Natur zu erkennen. In der That faßte auch bereits Watson das Elmsfeuer identisch mit dem elektrischen Büschellichte auf, d. h. also identisch mit jener elektrischen Lichtentwicklung, welche beim Ausströmen von Elektricität aus Spitzen eintritt. Hierzu möge nur noch bemerkt werden, daß die Erscheinung des Elmsfeuers sich im Januar 1817 in Nordamerika durch besondere Intensität auszeichnete.

*

Nicht nur, wenn Blitze die Luft durchzucken und der Donner rollt, oder wenn St. Elmus auf den Kirchthürmen und Spitzen der Masten erscheint, herrschen elektrische Ladungen in der Luft, sondern auch dann, wenn kein Gewitter im Anzuge ist, ja selbst bei vollkommen reinem Himmel. Diese atmosphärische Elektricität im engeren Sinne, welche den Alten unbekannt bleiben mußte, da sie der hierzu nothwendigen Instrumente oder Apparate völlig entbehrten, konnte der Beobachtung nicht mehr entgehen, nachdem man angefangen hatte, die Naturgesetze auf experimentellem Wege zu erforschen und nachdem speciell unsere Kenntnisse, die Elektricität betreffend, in stetiger Erweiterung begriffen waren. Gray nennt als ersten, welcher der atmosphärischen Elektricität eine größere Beachtung schenkte, Desaguliers (geboren 1683 zu La Rochelle, gestorben in London 1741). Da die Luft den durch Reiben elektrisirten Körpern ihre Elektricität nicht entzieht, glaubte Desaguliers, die Luft selbst für elektrisch halten zu müssen. Diese theilt dann ihre Elektricität den durch die Wärme aufwärts getriebenen Wassertheilchen mit, die sie nach ihrer Elektrisirung sogleich von sich stößt. Die innerliche Feuerkraft der Luft und die Abstoßungskraft der Wassertheilchen veranlaßt dann die Entstehung der elektrischen Wolken, welche ihr Wasser fallen lassen,

sobald die Luft, in der sie schweben, einige schnelle Veränderungen erleidet. Die übrigen Ausdünstungen, welche von den Körpern aufsteigen und durch Reiben elektrisch werden, breiten sich gleichfalls aus, werden dünner und steigen daher gleichfalls in die Höhe. Steigen die Ausdünstungen von solchen Körpern auf, die durch Reiben entgegengesetzte Elektricitäten bekommen, so haben auch die daraus entstehenden Wolken entgegengesetzte elektrische Kräfte. Besteht also eine Wolke aus Schwefeldünsten und die andere aus Salpeterdünsten, so werden sich diese Wolken gegen einander ziehen und eine starke Gährung nebst Blitz und Donner verursachen. Diese Theorie war allerdings nicht sehr vollkommen und durchaus nicht frei von Widersprüchen. Ihr folgten aber in nicht zu langer Zeit positive Erweiterungen unserer Kenntnisse.

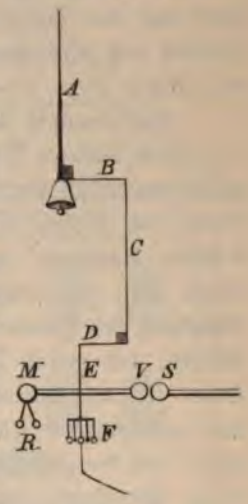
Le Monnier bemerkte als Erster, daß sehr häufig oder vielleicht immer eine elektrische Spannung in der Atmosphäre besteht, auch ohne daß irgendwelche Blitz- oder Donnererscheinungen beobachtet würden. Er bestätigte diese Ansicht durch entscheidende Experimente, welche er zu Saint-Germain en Laye ausführte und im Jahre 1752 veröffentlichte. Aehnliche Resultate ergaben sich aus den Versuchen, welche Mazeas im Jahre 1753 durchführte.

Franklin hatte schon im Jahre 1749 die Entstehung der atmosphärischen Elektricität zu erklären versucht, kam aber erst im Jahre 1752 dazu, seine Theorie experimentell zu prüfen, worauf er sie selbst als unhaltbar wieder fallen ließ; ein näheres Eingehen darauf erscheint daher überflüssig. Im Jahre 1753 beobachtete Franklin mit Hilfe seiner bereits 1752 errichteten Wetterstange, daß die Wolken in der Regel negativ elektrisch sind, obwohl auch positive Ladungen nicht gänzlich ausgeschlossen erscheinen. Solche Wetterstangen, Elektricitätsanzeiger, Fulgurometer, wohl auch Blitzfänger genannte Apparate wurden nicht nur von Franklin, sondern von zahlreichen Gelehrten zum Studium der atmosphärischen Elektricität verwendet. Die Beschreibung eines solchen dürfte daher am Platze sein. Ein von Hemmer auf dem kurfürstlichen physikalischen Cabinete zu Mannheim aufgestellter Apparat hatte folgende Einrichtung. Auf dem Schlosse erhob sich eine 30 Fuß lange in einer Kupferspitze endigende Eisenstange A, Fig. 69, welche auf einem starken Glasrohre ruhte; dieses war zum Schutz gegen Regen mit einem metallenen Hute versehen. Von der Stange aus führte eine $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Eisenleitung B, C, D, E außen am Schlosse herunter, ging durch ein Fenster in das Cabinet und war daselbst an der gleichfalls eisernen Stange V M befestigt. Die an beiden Enden mit Kugeln versehene Stange trug einerseits Fäden mit Hollundermark-Kügelchen R, andererseits ein elektrisches Glockenspiel F. Der Kugel V stand eine Kugel S gegenüber, von welcher aus eine Leitung zur Erde führte. Schwache elektrische Ladungen der Atmosphäre zeigte dieser Apparat durch die Hollundermark-

Kügelchen R an, welche, durch die atmosphärische Elektricität gleichnamig geladen, divergirten; stärkere Ladungen setzten das Glockenspiel in Thätigkeit und verriethen sich durch Ueberspringen von Funken zwischen den Kugeln S und V. Eine ganz ähnliche und leicht verständliche Anordnung des Apparates zeigt in ihrer Verbindung mit dem betreffenden Gebäude Figur 70.

Das Studium der atmosphärischen Elektricität mit Hilfe solcher Elektricitätsanzeiger, d. h. unterbrochener, oft nicht einmal mit einer Erdleitung versehener Blitzableiter, hat aber auch ein Opfer gefordert. Es ist dies der russische Gelehrte Georg Wilhelm Richmann, geboren am 11. Juli 1711 zu Pernau in Livland, vom Blitze erschlagen am 6. August 1753 zu Petersburg. Richmann's Blitzfänger beschreibt Arago in nachstehender Weise. Man stelle sich eine gewöhnliche Glasflasche vor, deren Boden ausgestoßen ist; durch dieselbe wurde ein Eisenstab gesteckt und mit Korkstöpseln befestigt. Eine solche Flasche war in senkrechter Lage durch ein Loch in dem Dache des Hauses geschoben, so daß der obere Theil des Eisenstabes über die Fläche des Daches um 5 Fuß hervorragte und das entgegengesetzte Ende in dem unter dem Dache gelegenen Zimmer gleichsam aufgehangen war. An dieses untere Ende war eine Metallkette angeknüpft. Letztere war bis zu dem Stockwerke fortgeführt, in welchem das Studirzimmer Richmann's lag, nicht in gerader Linie, sondern auf Umwegen, wie die Localität es mit sich brachte. Auf ihrem Verlaufe berührte die Kette nirgends die Wände oder das Mauerwerk; sie wurde von denselben überall, wo dies nöthig war, durch Glasplatten oder dicke Lagen von Siegellack ferngehalten. In das Studirzimmer ging die Kette durch eine mit Glasstücken ausgefütterte Oeffnung in der Mitte der Decke senkrecht hinab.

Fig. 69.



Wetterstange.

Richmann hatte sich, wie Priestley erzählt, auch einen Apparat zum Messen der elektrischen Spannung angefertigt, bestehend aus einer verticalen Metallstange, die in einem Glasgefäße mit Kupferspänen (deren Zweck unbekannt ist) endigte. An dieser Stange hing, so lange sie unelektrisch blieb, ein Faden parallel zu ihr herab. Wurde sie mehr oder weniger stark elektrisch, so bildete der Faden infolge der größeren oder geringeren elektrischen Abstoßung einen größeren oder kleineren Winkel mit der Stange; letzterer wurde an einem entsprechend angebrachten Gradbogen abgelesen. An diesem Apparate wollte Richmann auch am 6. August 1753 den Zustand der atmosphärischen

dünnen Metalldraht Schießpulver brachte und dann durch ersteren eine Leydener Batterie entlud, wodurch der Draht zum Glühen gebracht wurde; im selben Momente verpuffte auch das Pulver.

Beccaria beobachtete, daß vom Blitze getroffene Steine und Ziegel häufig verglast sind und schloß daraus, daß zuweilen auch Steine in der Erde getroffen und in dieser Art verändert werden; solche Steine könnten dann den Volksglauben an Donnersteine veranlaßt haben. Hermann hatte schon im Jahre 1711 zu Massel in Schlesien eine Blitzröhre aufgefunden, und sie fossile aborescens benannt; diese Röhre wurde im mineralogischen Cabinete zu Dresden unter dem ganz unpassenden Namen osteocolla maslensis vitrificata aufbewahrt. Erst Hentzen, welcher in der Senner Heide bei Paderborn Blitzröhren fand, gab im Jahre 1805 die richtige Erklärung ihrer Entstehung, indem er sagte, daß Blitzröhren dort entstünden, wo der Blitz in sandiges Erdreich schlägt; an solchen Stellen werden die Quarzkörner zu mehr oder weniger langen Röhren von glasartiger Beschaffenheit zusammengeschmolzen. Eine große Anzahl von Blitzröhren hat später Fiedler einer genauen Untersuchung unterworfen, durch welche Hentzen's Ansicht bestätigt wurde, während man vorher die Blitzröhren für Wurzel-Incrustationen oder wohl auch für Gehäuse von Würmern hielt.

In fast allen, Blitzschläge betreffenden Erzählungen sowohl aus ältester wie auch aus neuerer Zeit wird eines eigenthümlichen Geruches erwähnt, der an den getroffenen Orten wahrgenommen wurde; gewöhnlich verglich man diesen Geruch mit jenem des brennenden Schwefels. Gardini scheint im Jahre 1793 zuerst einen ähnlichen Geruch bei der aus Spitzen ausströmenden Elektricität beobachtet zu haben. Die richtige Erklärung für das Entstehen dieses Geruches zu geben, war Schönbein vorbehalten, als dieser im Jahre 1839 das Ozon darstellte. Er zeigte, daß der Sauerstoff durch Einwirkung der Elektricität in einen eigenthümlichen Zustand übergeht, in welchem er einen specifischen Geruch besitzt; dieser modificirte Sauerstoff wird Ozon genannt.

Bis zur Zeit Franklin's wurde das Elmsfeuer zwar nicht selten beobachtet und beschrieben, aber zur Aufklärung der Natur desselben kein Beitrag geleistet. So erzählt z. B. der Ritter von Forbin im Hamburger Magazin über eine derartige Erscheinung Nachstehendes. Im Jahre 1696 zog sich plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk zusammen, wobei entsetzliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Eines unter anderen befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Gezisch

seinen Reisen in den Alpen mit Hilfe eines Luftelektrometers zahlreiche Beobachtungen an, welche ihn den Schluß ziehen ließen, daß bei heiterem Himmel, die Stärke der Luftelektricität ziemlich regelmäßige Perioden bildet, so daß innerhalb 24 Stunden zwei Maxima und zwei Minima wahrgenommen werden können; die Bestätigung dieser Beobachtungen und die richtige Zeitangabe für die Perioden brachte Maréchaux bei De Saussure (geboren 1740 zu Couches bei Genf, gestorben 1799 in Genf) dachte sich die Wolken nicht als die eigentlichen Träger der Elektricität, sondern wies ihnen nur die Rolle eines Leiters zu, der die Elektricität aus den höheren Regionen herabführt. Die Elektricität entsteht durch Verdampfung und wird durch die Dünste hinaufgeführt. De Saussure erhielt negativelektrische Dämpfe bei Anwendung von erhitztem Porzellan oder Silber, positiv elektrische hingegen bei Eisen und Kupfer.

Fig. 70.

Wetterstange.

Volta schrieb die Entstehung der Elektricität an Wasserfällen, Strudeln u. dgl. der schnellen Verdampfung des Wassers zu, auch fand er mit Hilfe seines Condensators den aufsteigenden Wasserdampf positiv elektrisch. De Luc machte jedoch gegen die Anschauung, die atmosphärische Elektricität entstünde durch Wasserverdampfung, verschiedene Gründe geltend; er meint,

sobald die Luft, in der sie schweben, einige schnelle Veränderungen erleidet. Die übrigen Ausdünstungen, welche von den Körpern aufsteigen und durch Reiben elektrisch werden, breiten sich gleichfalls aus, werden dünner und steigen daher gleichfalls in die Höhe. Steigen die Ausdünstungen von solchen Körpern auf, die durch Reiben entgegengesetzte Elektricitäten bekommen, so haben auch die daraus entstehenden Wolken entgegengesetzte elektrische Kräfte. Besteht also eine Wolke aus Schwefeldünsten und die andere aus Salpeterdünsten, so werden sich diese Wolken gegen einander ziehen und eine starke Gährung nebst Blitz und Donner verursachen. Diese Theorie war allerdings nicht sehr vollkommen und durchaus nicht frei von Widersprüchen. Ihr folgten aber in nicht zu langer Zeit positive Erweiterungen unserer Kenntnisse.

Le Monnier bemerkte als Erster, daß sehr häufig oder vielleicht immer eine elektrische Spannung in der Atmosphäre besteht, auch ohne daß irgendwelche Blitz- oder Donnererscheinungen beobachtet würden. Er bestätigte diese Ansicht durch entscheidende Experimente, welche er zu Saint-Germain en Laye ausführte und im Jahre 1752 veröffentlichte. Aehnliche Resultate ergaben sich aus den Versuchen, welche Mazeas im Jahre 1753 durchführte.

Franklin hatte schon im Jahre 1749 die Entstehung der atmosphärischen Elektricität zu erklären versucht, kam aber erst im Jahre 1752 dazu, seine Theorie experimentell zu prüfen, worauf er sie selbst als unhaltbar wieder fallen ließ; ein näheres Eingehen darauf erscheint daher überflüssig. Im Jahre 1753 beobachtete Franklin mit Hilfe seiner bereits 1752 errichteten Wetterstange, daß die Wolken in der Regel negativ elektrisch sind, obwohl auch positive Ladungen nicht gänzlich ausgeschlossen erscheinen. Solche Wetterstangen, Elektricitätsanzeiger, Fulgurometer, wohl auch Blitzfänger genannte Apparate wurden nicht nur von Franklin, sondern von zahlreichen Gelehrten zum Studium der atmosphärischen Elektricität verwendet. Die Beschreibung eines solchen dürfte daher am Platze sein. Ein von Hemmer auf dem kurfürstlichen physikalischen Cabinete zu Mannheim aufgestellter Apparat hatte folgende Einrichtung. Auf dem Schlosse erhob sich eine 30 Fuß lange in einer Kupferspitze endigende Eisenstange A, Fig. 69, welche auf einem starken Glasrohre ruhte; dieses war zum Schutz gegen Regen mit einem metallenen Hute versehen. Von der Stange aus führte eine $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Eisenleitung B, C, D, E außen am Schlosse herunter, ging durch ein Fenster in das Cabinet und war daselbst an der gleichfalls eisernen Stange V M befestigt. Die an beiden Enden mit Kugeln versehene Stange trug einerseits Fäden mit Hollundermark-Kügelchen R, andererseits ein elektrisches Glockenspiel F. Der Kugel V stand eine Kugel S gegenüber, von welcher aus eine Leitung zur Erde führte. Schwache elektrische Ladungen der Atmosphäre zeigte dieser Apparat durch die Hollundermark-

Dritte Abtheilung.

Die atmosphärische Elektricität.

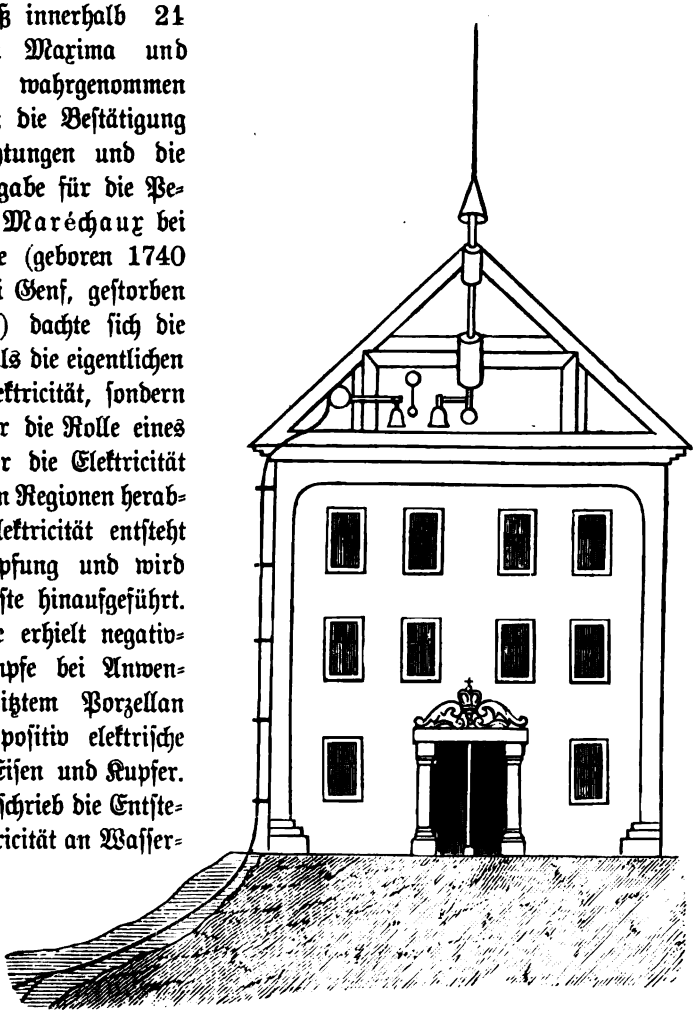
Elektricität in Gesellschaft des Kupferstechers Solokow, welcher behufs Herstellung von Zeichnungen den Versuchen häufig beiwohnte, prüfen. Richmann hatte sich dem Apparate kaum genähert, als eine faustgroße Feuerkugel von bläulicher Farbe mit pistolenschußartigem Knalle von der Stange gegen seinen Kopf fuhr. Richmann wurde hierdurch augenblicklich getödtet; Solokow stürzte bewußtlos zusammen, erholte sich jedoch einige Zeit nachher wieder. Das vorerwähnte Glasgefäß war zerbrochen und die Kupferdrehspäne fand man über das ganze Zimmer zerstreut. Das Thürgesimse fand man gespalten, die Thüre zerbrochen und in das nächste Zimmer geschleudert. Richmann gab trotz zweimaligen Oeffnens der Venen keinen Tropfen Blut von sich; erst als er umgewendet wurde, kam aus dem Munde ein wenig. Ein rother Fleck auf der Stirne und eine blaue Stelle am linken Fuße, dessen Schuh zerrissen und verbrannt war, kennzeichneten die Eintritts- und Austrittsstelle des Blitzes.

Das tragische Ende Richmann's hat jedoch die Physiker keineswegs von einem weiteren Studium der atmosphärischen Elektricität abgeschreckt. So oblag namentlich Beccaria (geboren 1716 zu Mondovi, gestorben 1781 in Turin) mit großem Eifer und Geschick diesem Studium. Er fand hierbei dreierlei Umstände, unter welchen sich keine atmosphärische Elektricität nachweisen ließ; als solche gab er an: windiges Wetter bei heiterem Himmel, Bedeckung des Himmels mit abgesonderten, sich langsam bewegenden schwarzen Wolken, und endlich sehr feuchtes Wetter ohne wirklichen Regen. Hingegen konnte er bei klarem Himmel und stillem Wetter immer, oder doch nur mit geringfügigen Unterbrechungen, Elektricität nachweisen. Beccaria fand auch, daß die elektrischen Anzeigen mit der Höhe der Stangen oder mit der Länge der Stricke zunahmen, und erhielt z. B. mit einer über den Po gespannten, 1500 Par. Fuß langen Schnur während eines Platzregens ohne Gewitter ebenso starke elektrische Anzeigen, wie während eines Gewitters mit der Metallstange, welche zur Ableitung des Blitzes auf seinem Hause errichtet war. Beccaria faßte auch Regen, Schnee und Hagel als Wirkungen einer mäßigen atmosphärischen Elektricität auf. Wie starker atmosphärischer Elektricität die Gewitterwolken ihr Entstehen verdanken, sollen auch Regenwolken durch schwache Elektricität gebildet werden. Die Elektricität als allgemeine Ursache anzunehmen, empfehle sich wegen der Gleichförmigkeit, mit welcher sich die Regenwolken ausbreiten, mit welcher Regen und Schnee fallen, wegen der Regelmäßigkeit der Formen der Schneekrystalle und ähnlicher Umstände, die alle auf eine gleichförmig wirkende Ursache hinweisen, wie dies eben die Elektricität ist.

An dem Studium der atmosphärischen Elektricität nahmen ferner Cavallo, Read und De Saussure lebhaften Antheil. Letzterer stellte auf

seinen Reisen in den Alpen mit Hilfe eines Luftelektrometers zahlreiche Beobachtungen an, welche ihn den Schluß ziehen ließen, daß bei heiterem Himmel, die Stärke der Luftelektricität ziemlich regelmäßige Perioden bildet, so daß innerhalb 21 Stunden zwei Maxima und zwei Minima wahrgenommen werden können; die Bestätigung dieser Beobachtungen und die richtige Zeitangabe für die Perioden brachte Maréchaux bei De Sauſſure (geboren 1740 zu Couches bei Genf, gestorben 1799 in Genf) dachte sich die Wolken nicht als die eigentlichen Träger der Elektricität, sondern wies ihnen nur die Rolle eines Leiters zu, der die Elektricität aus den höheren Regionen herabführt. Die Elektricität entsteht durch Verdampfung und wird durch die Dünste hinaufgeführt. De Sauſſure erhielt negativelektrische Dämpfe bei Anwendung von erhitztem Porzellan oder Silber, positiv elektrische hingegen bei Eisen und Kupfer.

Fig. 70.



Wetterstange.

Volta schrieb die Entstehung der Elektricität an Wasserfällen, Strudeln u. dgl. der schnellen Verdampfung des Wassers zu, auch fand er mit Hilfe seines Condensators den aufsteigenden Wasserdampf positiv elektrisch. De Luc machte jedoch gegen die Anschauung, die atmosphärische Elektricität entstünde durch Wasserverdampfung, verschiedene Gründe geltend; er meint,

es wäre hieraus nicht erklärlich, wieso es bei Gewittern zu einer so großen Anhäufung der Elektricität in einer Wolke käme, während doch gleichzeitig und unter denselben Bedingungen große zusammenhängende Wolkenmassen in derselben Schichte entstehen; nach de Luc's Ansicht müßte sich da die Elektricität über die gesammte Wolkenmasse gleichmäßig vertheilen. Ferner müßte ein Gewitter zu Ende sein, sobald Regen fällt oder die Wolken einen Berggipfel umhüllen, weil dann in beiden Fällen die Elektricität zur Erde abfließen müßte. Ferner müßte auch der Regen stets positiv elektrisch sein, was aber nicht mit der Beobachtung übereinstimmt. De Luc glaubt daher die Elektricität entstehe durch uns noch unbekannte Zersetzungs- und Zusammensetzungsprocesse; die erzeugen bei rapidem Verlaufe Blitze, bei langsamem Verlaufe atmosphärische Elektricität. Die Beobachtung Saussure's, nach welcher die atmosphärische Elektricität von Sonnenaufgang an zunimmt, läßt de Luc vermuthen, daß auch den Sonnenstrahlen ein gewisser Antheil an der Erregung der Elektricität zukommt. Letztere Ansicht vertritt auch Lampadius.

Lavoisier und La Place brachten (1780) Wasser in Metallgefäßen zum Verdampfen und fanden, daß hierbei das Gefäß negativ, der Wasserdampf positiv elektrisch wird; dasselbe Resultat hat, wie bereits erwähnt, Volta erhalten (1782), als er Wasser auf glühende Kohlen spritzte. Gardini fand, daß Wasser auf glühendem Eisen zum Verdampfen gebracht, positiv elektrisch wird, wenn das Eisen rostig ist, hingegen negativ elektrisch bei Anwendung von blankem Eisen. Später (1827) zeigte jedoch Pouillet, daß das Verdampfen des Wassers nicht die Ursache der Entstehung der atmosphärischen Elektricität sein könne und glaubte, man müsse diese vielmehr in der chemischen Zersetzung des Wassers (in Wasserstoff und Sauerstoff) suchen. Reich und Rieß endlich wiesen (1846) experimentell nach, daß beim Verdampfen von reinem destillirten Wasser nur dann Elektricität erzeugt werde, wenn in das Verdampfungsgefäß Sand oder irgendwelche scharfkantige Körper geworfen werden; hieraus zogen sie den Schluß, daß die Entstehung der Elektricität der Reibung zuzuschreiben sei. Scheint nun hiernach allerdings eine Hauptquelle der atmosphärischen Elektricität die Reibung zu bilden, welche bei der Verdunstung des Wassers an der Erdoberfläche auftritt, so bleiben hierdurch doch noch viele Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität unaufgeklärt. Inwieweit es den Forschern neuerer Zeit gelungen ist, diese Räthsel zu lösen, wird uns weiter unten beschäftigen.

Dritte Abtheilung.

Die atmosphärische Elektricität.

I.

Apparate und Methoden zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität.

In der historischen Einleitung hat sich bereits Gelegenheit ergeben, zu erwähnen, daß schon Desaguliers elektrische Spannungen der Atmosphäre auch bei vollkommen heiterem Himmel vermuthete und daß diese Vermuthung bald darauf durch Le Monnier's Versuche ihre Bestätigung fand; seit dieser Zeit beschäftigten sich viele Gelehrte eingehend mit dem Studium der atmosphärischen Elektricität, d. h. jener elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre, welche sich beobachten lassen, wenn auch keine Gewitter stattfinden. Die hierbei angewandten Apparate und Methoden sollen uns zunächst, die mit Hilfe dieser bis nun erreichten Resultate hierauf beschäftigen.

An jedem Apparate, welcher zum Studium der atmosphärischen Elektricität Verwendung findet, lassen sich zwei Hauptbestandtheile unterscheiden; es sind dies das Meßinstrument oder Elektrometer und der mit diesem verbundene Leiter, welcher auf jenen Punkt der Atmosphäre, beweglich oder fix, gebracht wird, dessen elektrischer Zustand untersucht werden soll. Hierbei kann der Leiter direct am Elektrometer befestigt sein oder auch eine eigene Aufstellung erhalten; im letzteren Falle verbindet man beide Theile durch einen entsprechend isolirten Leitungsdraht. Schon Volta bediente sich je nach Bedürfniß beiderlei Methoden. Als Meßinstrument benützte er das von ihm construirte Strohhalmelektrometer, ein Instrument, welches sich von dem Goldblattelektroskope (Seite 5) dadurch unterscheidet, daß die beiden Goldblättchen durch Strohhalme ersetzt sind; die Divergenz derselben wurde an einem entsprechend angebrachten Gradbogen abgelesen. Den isolirten **beweglichen Leiter** stellte sich

letzteren, und nur dieser soll hier in Betracht gezogen werden, benützte Palmieri ein Messinggefäß A, Fig. 73, welches in gewisser Höhe isolirt aufgestellt wurde. Aus diesem ließ er durch unten angebrachte feine Oeffnungen das Wasser in das nicht isolirte Blechgefäß C abfließen. Verband man bei gewöhnlicher Witterung das Ausflußgefäß A mit dem Elektroskope, so zeigte dieses in der Regel positive Elektricität an; wurde jedoch das Ausflußgefäß B, Fig. 74, zur Erde abgeleitet, das Blechgefäß D isolirt und mit dem Elektroskope verbunden, so gab dieses Anzeichen einer schwächeren negativen Elektricität.

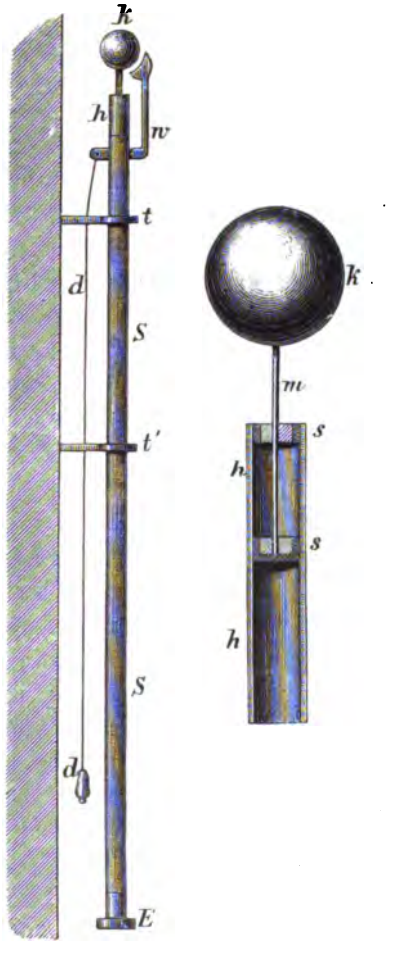
Der von **W. Thompson** unter Benützung des ausfließenden Wassers construirte Apparat zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität wurde von **Mascart** mit einigen Modificationen am Collège de France in Thätigkeit gesetzt; außerdem wurden auch noch andere Observatorien Frankreichs damit ausgerüstet. Hierbei ist ein großes Wassergefäß R, Fig. 75, im Beobachtungszimmer sorgfältig isolirt aufgestellt; aus diesem Gefäße fließt durch ein ungefähr 2 Meter langes, sehr enges Metallrohr C, welches durch eine Oeffnung im Fenster in das Freie reicht, das Wasser ab und veranlaßt dadurch die Ladung des Gefäßes entsprechend der im Freien herrschenden elektrischen Spannung. Ein gut isolirter Leitungsdraht verbindet das Gefäß mit einem Quadrantenelektrometer, welches im Wesentlichen ebenso construirt ist wie das weiter oben (Seite 16) bereits erläuterte. Für dessen Beschreibung genügen daher wenige Worte. In Figur 76 stellen A, B, C, D die vier Quadranten, P die Aluminiumnadel dar; von dem Mittelpunkte der letzteren hängt ein Platindraht P N herab, welcher das kleine Spiegelchen S trägt und mit seinem unteren Ende N in das mit Schwefelsäure gefüllte Glasgefäß G taucht. Da in letzterem auch der vom Wasserreservoir kommende Leitungsdraht r endet, so wird unter Vermittlung der Schwefelsäure und des Platindrahtes P N der Aluminiumnadel der elektrische Zustand des Wasserreservoirs mitgetheilt. An das eine Paar der diagonal miteinander verbundenen Quadranten ist der eine Poldraht, an das andere Paar der zweite Poldraht einer galvanischen Batterie angeschlossen, welche in der Mitte zur Erde abgeleitet ist. Die beiden Quadrantenpaare erhalten dadurch gleichwertige, aber ungleichnamige elektrische Ladungen. Bei entsprechender Aufstellung des ganzen Apparates (welchen Figur 77 darstellt) wird daher die Aluminiumnadel eine zu den Quadranten symmetrische Lage einnehmen, wie dies Figur 76 zeigt, vorausgesetzt, daß das Gefäß G nicht mit dem Wasserreservoir in Verbindung steht, sondern zur Erde abgeleitet ist. Wird jedoch diese Ableitung aufgehoben und die Verbindung mit dem Wasserreservoir hergestellt, so erhält die Aluminiumnadel eine der eben herrschenden atmosphärischen Elektricität entsprechende Ladung und wird je nach der Stärke und dem Vorzeichen derselben in dem einen oder

Hülfe kann die Kugel auf eine etwa 7 Meter lange Stange S aus Tannenholz aufgesetzt werden, welche an der Giebelmauer des Gebäudes, in dem das

Fig. 71.

Beweglicher Leiter.

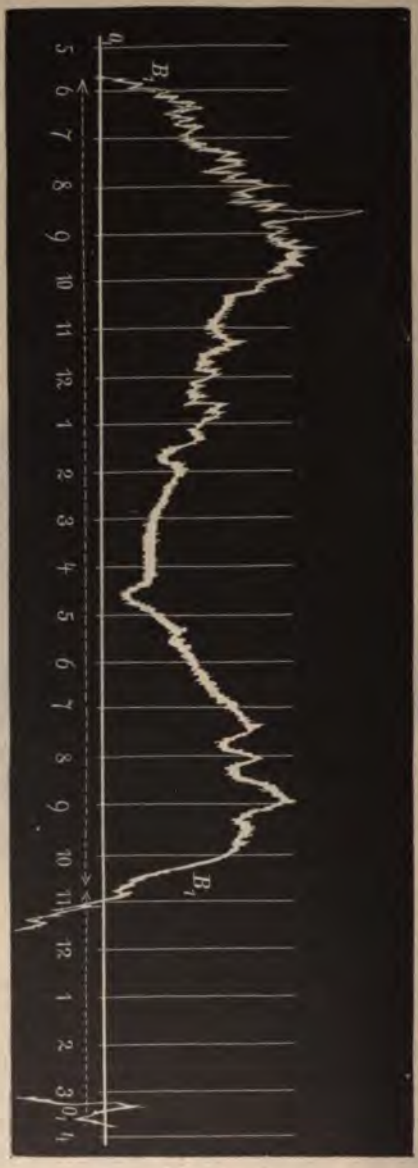
Fig. 72.



Feststehender Leiter.

Beobachtungszimmer gelegen ist, durch zwei horizontale mit Ringen versehene Träger t, t' gehalten wird; die Stange ist unten mit einem eisernen Schuh E versehen. Will man den elektrischen Zustand der Luft untersuchen, so zieht man mit Hilfe eines Schnurlaufes die Stange so weit in die Höhe, daß der Eisenschuh E gegen den Ring t' des Trägers stoßt; hierdurch gelangt die

Lichtstrahl passirt hat. Würde die Atmosphäre ganz unelektrisch sein oder de
Elektrometer außer Verbindung mit dem Ausflußgefäße stehen, so müßte d



Curve, erhalten durch den Registrirapparat.

Fig. 78.

Aluminiumnadel in ihrer Ruhe- oder Nullstellung beharren und daher au
der Spiegel den Lichtstrahl immer auf denselben Punkt hin reflectiren.

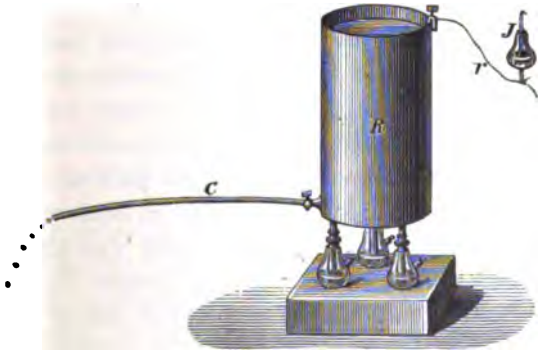
namige abgeſtoßen; letztere ſucht ſich daher zu zerſtreuen, und der Leiter bleibt mit Influenzelektricität jenes Vorzeichens geladen zurück, welches dem der

Fig. 73.

Fig. 74.

Ausflußgefäße.

Fig. 75.



Ausflußgefäß.

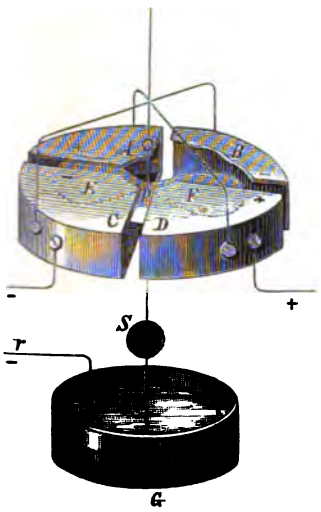
influenzirenden atmoſphäriſchen Elektricität entgegengeſetzt iſt, alſo mit negativer Elektricität, wenn die atmoſphäriſche Elektricität poſitiv war.

An Stelle des zu hebenden und ſenkenden Leiters kann man ſich auch des **aufſteigenden** oder **herabfallenden Waſſerſtrahles** bedienen. Für den

dem anderen Sinne mehr oder weniger abgelenkt. Die Größe und Richtung dieser Ablenkung zeigt ein durch den Spiegel S auf eine Scala reflectirter Lichtstrahl in der Weise an, wie dies weiter oben (Seite 18) bereits angegeben wurde.

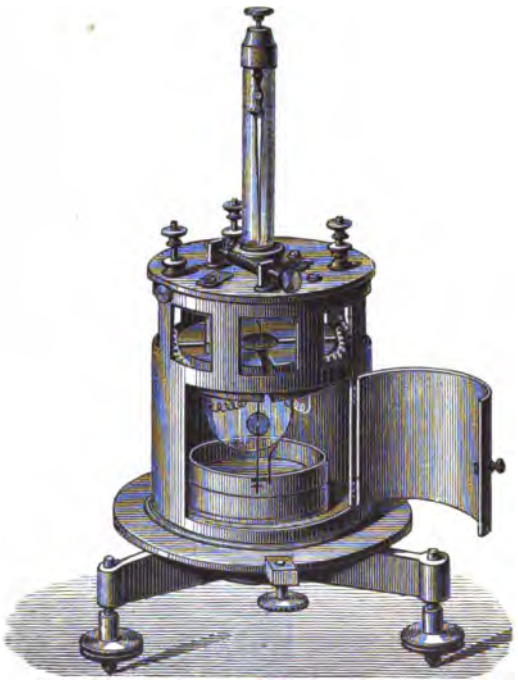
Mascart's Apparat eignet sich auch zur selbstthätigen, ununterbrochenen Aufzeichnung der Nadelausschläge und Schwankungen, also auch der Ver-

Fig. 76.



Quadranten.

Fig. 77.



Quadranten-Elektrometer.

änderungen der atmosphärischen Elektricität. Man hat zu diesem Behufe nur nöthig, den vom Spiegel reflectirten Lichtstrahl nicht auf eine gewöhnliche Scala, sondern auf ein photographisch zubereitetes Papier zu werfen, welches durch ein gleichmäßig laufendes Uhrwerk derart bewegt wird, daß die Bewegungsrichtung des Papiers senkrecht steht auf der horizontalen Ebene, in welcher sich der Lichtstrahl befindet. Man erhält dann Curven wie die nach einer photographischen Registrirung in Figur 78 wiedergegebene. Der Papierstreifen ist mit einer Theilung versehen, dessen einzelne Theilstriche die Stunden angeben, zu welchen die entsprechende Stelle des Papiers den

Lichtstrahl passirt hat. Würde die Atmosphäre ganz unelektrisch sein oder das Elektrometer außer Verbindung mit dem Ausflußgefäße stehen, so müßte die

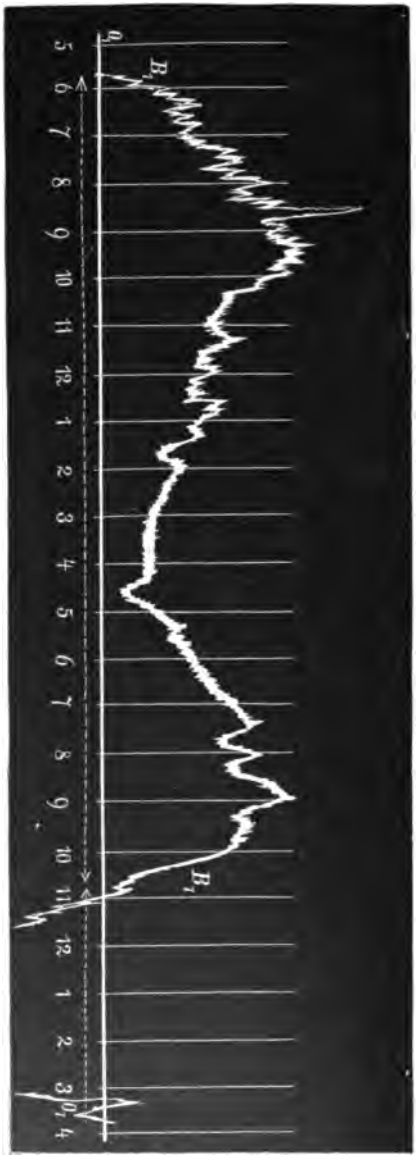


Fig. 78.

Curve, erhalten durch den Registrirapparat.

Aluminiumnadel in ihrer Ruhe- oder Nullstellung beharren und daher auch der Spiegel den Lichtstrahl immer auf denselben Punkt hin reflectiren. Er

Palmieri's Observatorium auf dem Vesuv.

müßte also auf den vertical bewegten Papierstreifen eine gerade Linie erzeugen. Schlägt aber die Nadel infolge der ihr durch die atmosphärische Elektricität ertheilten Ladung mehr oder weniger stark in der einen oder der anderen Richtung (je nach dem Vorzeichen der elektrischen Ladung) aus, so muß der in dieser Weise abgelenkte Lichtstrahl das Lichtbild offenbar an Stellen des Papiers erzeugen, welche in einem oder anderem Sinne, mehr oder weniger von der vorerwähnten Nullinie entfernt sind. Da diese Lichtbilder fortwährend und ununterbrochen erzeugt werden, müssen sie eine Curve bilden, welche die Schwankungen der Nadel, beziehungsweise der atmosphärischen Elektricität genau wiedergibt. Erhält man hierdurch zunächst wohl nur relative Werte, so ist es doch leicht, mit Hilfe dieser zu absoluten Werten zu gelangen. Man hat zu diesem Behufe nichts weiter zu thun, als die Ausschläge der Nadel zu beobachten, wenn diese ihre Ladung nicht durch atmosphärische Elektricität sondern von einer Elektricitätsquelle erhält, deren Leistungsfähigkeit man genau kennt.

Palmieri, welcher auf seinem Observatorium am Vesuv seit mehr als dreißig Jahren eifrig dem Studium der atmosphärischen Elektricität obliegt, verwirft überhaupt derartige registrirende Apparate, indem er der Ansicht ist, der Beobachter dürfe nicht abwesend sein, weil die Daten der Beobachtung mit dem jeweiligen Zustande des Firmamentes verglichen werden müssen, um die Gesetze der atmosphärischen Elektricität und die Bedingungen ihrer verschiedenartigen Wirkungen richtig zu erfassen. Auch hat dieser hochverdiente Forscher ein Meßinstrument nach dem Principe der Drehwage construirt, dessen Construction er für viel besser und dessen Angaben er für viel verläßlicher hält als die des Quadranten-Elektrometers.

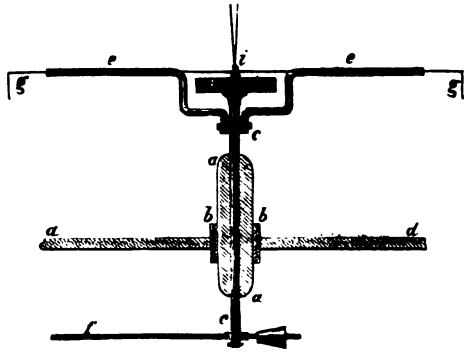
Palmieri's Bifilar-Elektrometer ist in Figur 80 abgebildet, Figur 81 zeigt dessen wesentliche Bestandtheile in vergrößertem Maßstabe. Die cylindrische Glasglocke A A trägt an ihrem Umfange eine Theilung und ruht mit ihrem unteren Rande auf der mit Lack überzogenen Glasplatte d d, welche von einem mit Stellschrauben versehenen Holz- oder Metallringe getragen wird. Oben ist die Glasglocke durch eine Glasplatte abgeschlossen, welche eine centrale Durchbohrung besitzt. In diese ist das Glasrohr S, bestimmt zur Aufnahme der Aufhängevorrichtung, eingesetzt. Die untere Glasplatte d d ist gleichfalls central durchbohrt;. in diese Durchbohrung ist der Glasring b b eingeschmolzen, welcher den aus einer isolirenden Masse hergestellten Körper a a umfaßt. (Die isolirende Masse bildet Palmieri aus griechischem Pech und gebranntem Gyps.) Dieser Mastix, Scagliola genannt, ist ein vorzüglicher Isolator, der auch bei starker Sommerhitze nicht erweicht. Ihn durchsetzt der Kupferdraht c c, der an seinem unteren, aus der Glasglocke herausragenden Ende mit dem horizontalen Drahte f versehen ist, während er an seinem

Fig. 80.

Palmieri's Bifilar-Elektrometer.

oberen Ende im Innern der Glocke die Arme e e und die cylindrische Büchse r aus vergoldetem Kupferbleche trägt. An dem bei g regulirbaren, durch das Rohr S gehenden Cocon-Doppelfaden (dem das Instrument eben die Bezeich-

Fig. 81.

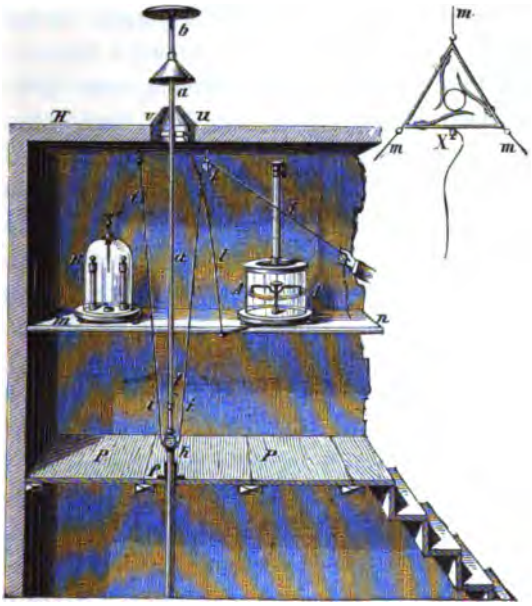


Palmieri's Bifilar-Elektrometer. (Detail.)

nung Bifilar-Elektrometer verdankt) hängt der bei i in horizontaler Lage befestigte feine Aluminiumdraht g g und darunter ein leichtes Scheibchen aus Aluminiumblech; letzteres besitzt einen etwas geringeren Durchmesser als die cylindrische Büchse r, in welcher es schwebt.

Führt man dem Instrumente durch den Draht f Elektricität zu, so nehmen die Arme e e und die Büchse r durch Vermittlung des Kupferdrahtes c c eine entsprechende Ladung an. Diese wirkt durch die Büchse r

Fig. 82.



Elektrometer mit beweglichem Leiter.

influenzirend auf das darin schwebende Aluminiumscheibchen, so daß also dieses und ebenso der feine Aluminiumdraht g g elektrisch werden. Letzterer schlägt um einen gewissen Bogen aus und nimmt in kürzester Zeit eine bleibende, bestimmte Winkelstellung zu den Armen e e ein. Die vorzügliche Isolirung bewahrt das Instrument auch in feuchter Luft geraume Zeit vor Ladungsverlusten.

Zur Ladung des Instrumentes durch atmosphärische Elektricität bedient sich Palmieri nicht des fallenden Wasserstrahles, da er dies aus verschiedenen Gründen für unzweckmäßig hält; es möge diesbezüglich hier nur erwähnt werden, daß der Ausflußapparat leicht zu Unregelmäßigkeiten Ver-

Halbmesser 70 Kilometer erreichen kann, weder Regen oder Hagel, noch Schnee fällt, so ist die Elektricität am Beobachtungsorte bei heiterem Himmel immer positiv. Findet man jedoch negative Elektricität bei heiterem Himmel am Beobachtungsorte, so kann man mit Sicherheit Regen, Schnee oder Hagel in gewisser Entfernung voraussetzen. Wenn es nicht regnet, ist die Intensität der positiven Elektricität geringer bei bewölktem als bei heiterem Himmel.

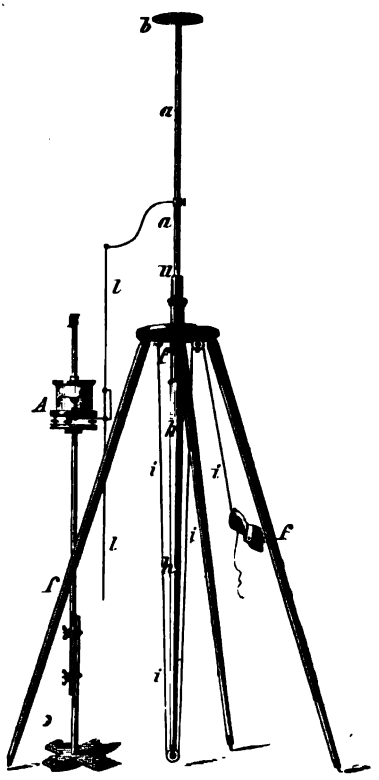
Gleichfalls in Uebereinstimmung mit fast allen Beobachtern*) hat Palmieri für ruhige und heitere Tage eine tägliche Periode angegeben, welche durch zwei Maxima und durch zwei Minima charakterisirt erscheint. Hiervon tritt das erste Maximum beiläufig um 9 Uhr Morgens ein, das zweite und gewöhnlich stärkere nach Sonnenuntergang; letzteres hält oft während der Nacht an. Ein Minimum stellt sich vor Sonnenaufgang ein, das zweite, gewöhnlich etwas veränderliche, beobachtet man in den Nachmittagsstunden. Diese tägliche Periode erleidet jedoch durch mannigfache Umstände, die nicht immer leicht auffindbar sind, Veränderungen; zu solchen Ursachen zählen Winde, Wolken am Horizonte, Nebel und dergleichen. Die diese täglichen Perioden darstellenden Curven haben ein vielfach zackiges Aussehen (vergl. Fig. 78, Seite 162), zeigen sich aber in ihrem allgemeinen Verlaufe ziemlich übereinstimmend; allerdings haben aber die Maxima und Minima solcher Curven zweier aufeinander folgender Tage trotz ihrer äußerlichen Aehnlichkeit doch oft sehr verschiedene Werte. Häufig künden bedeutende Maxima trübe Tage vorher, namentlich dann, wenn gleichzeitig die Stunde ihres Eintrittes merklich verschieden ist von den gewöhnlichen Zeitpunkten. Die elektrischen Anzeigen erfahren eine Steigerung, wenn der Himmel sich zu bewölken beginnt, und die Maxima dauern länger an, wenn zur Zeit des abendlichen Maximums die relative Feuchtigkeit zunimmt und dadurch reichliche Thaubildung veranlaßt.

Pasqualini und Roiti, welche im Jahre 1883, im Wesentlichen sich an Mascart's Angaben haltend, ein Observatorium in Florenz errichteten, haben dem täglichen periodischen Verlaufe der atmosphärischen Elektricität ihre besondere Aufmerksamkeit zugewandt und sind hierbei zu beachtenswerten Resultaten gelangt, die sie im Jahre 1886 der Oeffentlichkeit übergaben. Hiernach unterliegt die atmosphärische Elektricität eines freien Punktes einerseits

*) Nur Mascart zieht aus den Curven, welche er mit Hilfe des vorbeschriebenen Registrirapparates in Paris erhielt, den Schluß, es gebe nur ein Minimum bei Tag und ein Maximum während der Nacht, und ist geneigt, die Annahme zweier Maxima und zweier Minima ungenauen Beobachtungen zuzuschreiben. Wahrscheinlicher ist jedoch, daß noch unerkannte, örtliche Verhältnisse hierbei eine Rolle spielen.

Leiters veranlaßt, nach erfolgter Entladung desselben, einen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung. Ob man es mit positiver oder negativer Elektricität zu thun hat, erfährt man, wie bereits erwähnt, dadurch, daß man den beweglichen Leiter mit dem Goldblattelektroskope verbindet. Hierbei ergab sich bei gewöhnlicher Witterung negative Elektricität durch das Senken und positive Elektricität durch das Heben des Leiters. Gilt dies für den positiv elektrischen Zustand der Atmosphäre, so tritt geradezu das entgegengesetzte Verhalten ein, wenn negative Elektricität vorherrscht.

Fig. 83.



Tragbarer Leiter.

Sollen die Beobachtungen, welche an verschiedenen Orten angestellt werden, mit einander vergleichbar sein, so muß die Platte des Leiters natürlich überall gleich groß genommen werden und die Bewegung des Leiters selbst die gleiche sein. Palmieri nimmt für erstere einen Durchmesser von 27 Centimeter und hebt sie stets 1·5 Meter hoch. Außerdem hat man auch eine Einheit zu wählen, auf welche man alle Messungen zurückführt. Letztere erhält der genannte Forscher in nachstehender Weise. Aus quadratischen Kupfer- und Zinkplatten von je 5 Centimeter Seitenlänge wird eine Normalbatterie von 30 Elementen gebildet, für welche als Flüssigkeit destillirtes oder wohl auch Regenwasser zur Verwendung kommt. Die 30 Gefäße der Elemente sind mit Gummilack überzogen und werden von Isolatoren gehalten. Andere Isolatoren dienen dazu, um die Metallplatten innerhalb ihrer Gefäße so zu erhalten, daß sie dieselben an keiner Stelle berühren. Die Verbindung des einen Poles dieser Batterie mit der Erde und des anderen mit dem Elektrometer bewirkt in diesem eine Ablenkung, die sich Wochen hindurch constant hält. Der dreißigste Theil der auf diese Weise beobachteten Spannung wurde nun als Einheit für das Elektrometer gewählt.

Zur Anstellung gleichzeitiger Beobachtungen an verschiedenen Orten und in verschiedenen Höhen ist es zweckmäßig, sich eines tragbaren Appa-

rates zu bedienen, deſſen Angaben man vor ſeiner Benützung mit jenen des ſtabilen Apparates verglichen hat. Ein ſolcher tragbarer Apparat iſt in Figur 83 abgebildet und in ſeinen Theilen mit denſelben Buchſtaben bezeichnet, welche gleichen Beſtandtheilen am ſtabilen Apparate, Fig. 82, beigeſetzt ſind. Es bezeichnen alſo die Buchſtaben A das Elektrometer, b die Meſſingplatte und a a den Meſſingſtab des beweglichen Leiters, h h den dreikantigen Holzſtab und i i den dazugehörigen Schnurlauf. Bei u iſt der Meſſingſtab durch einen Iſolator mit dem Stabe h h verbunden, der in der hölzernen Tiſchplatte des Geſtelles f f f ſeine Führung hat. Die Verbindung des Leiters mit dem Elektrometer vermittelt der Draht l l, welcher, wie die Figur erkennen läßt, durch Ringe gleitet, die mit dem Elektrometer verbunden ſind. Dieſe leitende Verbindung bleibt ſo lange erhalten, bis der Meſſingſtab ſeinen Lauf vollendet hat, dann kommt der Draht l l außer Berührung mit den Ringen und iſolirt dadurch das Elektrometer. Um das Vorzeichen feſtzuſtellen, welches den Angaben des Elektrometers entſpricht, hätte man auch noch ein Goldblatt-Elektroſkop mitzunehmen; man kann aber dieſen Zweck in bequemerer Weiſe dadurch erreichen, daß man eine trockene Batterie (vergl. Seite 12) mit ſich führt, mit deren Hilfe man leicht die Art der Elektricität beſtimmen kann (vergl. Seite 14), welche den Ausſchlag des Elektrometers veranlaßt.

II.

Die Gesetze der atmosphärischen Elektricität.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit nunmehr den Beobachtungen selbst zu, welche im Laufe der Zeit von verschiedenen Forschern angestellt wurden und beginnen wir zunächst mit jenen, welchen Palmieri seit mehr als dreißig Jahren mit unvergleichlichem Eifer und bewunderungswürdiger Unerschrockenheit obliegt.

Palmieri's Observatorium ist ungefähr in der halben Höhe des Vesuvs gelegen, welcher sich zu einer Höhe von beiläufig 1300 Meter aus dem Meere erhebt. Es gibt wohl kaum auf der ganzen weiten Erde eine zweite meteorologische Station in so einzig herrlicher, wunderbarer Lage; doch unter Rosen lauert die giftige Schlange: dem kühnen Forscher droht beständig der nimmermüde Vulcan durch seinen Gluthauch mit Vernichtung. Bei dem großen Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1872 umschlossen zwei Feuerströme das Observatorium und erhitzten die Luft außerhalb desselben bis auf 72 Grad Celsius; im Mai 1885 drohte ein Aschenregen mit gänzlicher Verschüttung. Das Observatorium gleicht einer ausgedehnten Villeggiatur und beherbergt in seinen Räumen außer zahlreichen Instrumenten und Registrirapparaten, welche speciellen Zwecken zu dienen haben, wertvolle mineralogische Sammlungen. Die bereits beschriebenen elektrischen Apparate sind im obersten Stockwerke untergebracht.

Durch Palmieri's langjährige Beobachtungen wurde zunächst die Angabe anderer Forscher, daß bei heiterem Himmel stets positive Elektricität gefunden werde, bestätigt und in nachstehender Form präciser gefaßt: Wenn innerhalb eines den Beobachtungsort concentrisch umschließenden Kreises, dessen

Halbmesser 70 Kilometer erreichen kann, weder Regen oder Hagel, noch Schnee fällt, so ist die Elektricität am Beobachtungsorte bei heiterem Himmel immer positiv. Findet man jedoch negative Elektricität bei heiterem Himmel am Beobachtungsorte, so kann man mit Sicherheit Regen, Schnee oder Hagel in gewisser Entfernung voraussetzen. Wenn es nicht regnet, ist die Intensität der positiven Elektricität geringer bei bewölktem als bei heiterem Himmel.

Gleichfalls in Uebereinstimmung mit fast allen Beobachtern*) hat Palmieri für ruhige und heitere Tage eine tägliche Periode angegeben, welche durch zwei Maxima und durch zwei Minima charakterisirt erscheint. Hiervon tritt das erste Maximum beiläufig um 9 Uhr Morgens ein, das zweite und gewöhnlich stärkere nach Sonnenuntergang; letzteres hält oft während der Nacht an. Ein Minimum stellt sich vor Sonnenaufgang ein, das zweite, gewöhnlich etwas veränderliche, beobachtet man in den Nachmittagsstunden. Diese tägliche Periode erleidet jedoch durch mannigfache Umstände, die nicht immer leicht auffindbar sind, Veränderungen; zu solchen Ursachen zählen Winde, Wolken am Horizonte, Nebel und dergleichen. Die diese täglichen Perioden darstellenden Curven haben ein vielfach zackiges Aussehen (vergl. Fig. 78, Seite 162), zeigen sich aber in ihrem allgemeinen Verlaufe ziemlich übereinstimmend; allerdings haben aber die Maxima und Minima solcher Curven zweier aufeinander folgender Tage trotz ihrer äußerlichen Aehnlichkeit doch oft sehr verschiedene Werte. Häufig künden bedeutende Maxima trübe Tage vorher, namentlich dann, wenn gleichzeitig die Stunde ihres Eintrittes merklich verschieden ist von den gewöhnlichen Zeitpunkten. Die elektrischen Anzeigen erfahren eine Steigerung, wenn der Himmel sich zu bewölken beginnt, und die Maxima dauern länger an, wenn zur Zeit des abendlichen Maximums die relative Feuchtigkeit zunimmt und dadurch reichliche Thaubildung veranlaßt.

Pasqualini und Roiti, welche im Jahre 1883, im Wesentlichen sich an Mascart's Angaben haltend, ein Observatorium in Florenz errichteten, haben dem täglichen periodischen Verlaufe der atmosphärischen Elektricität ihre besondere Aufmerksamkeit zugewandt und sind hierbei zu beachtenswerten Resultaten gelangt, die sie im Jahre 1886 der Oeffentlichkeit übergaben. Hiernach unterliegt die atmosphärische Elektricität eines freien Punktes einerseits

*) Nur Mascart zieht aus den Curven, welche er mit Hilfe des vorbeschriebenen Registrirapparates in Paris erhielt, den Schluß, es gebe nur ein Minimum bei Tag und ein Maximum während der Nacht, und ist geneigt, die Annahme zweier Maxima und zweier Minima ungenauen Beobachtungen zuzuschreiben. Wahrscheinlicher ist jedoch, daß noch unerkannte, örtliche Verhältnisse hierbei eine Rolle spielen.

langsamen Veränderungen, welche eine doppelte tägliche Periode (d. h. zwei Maxima und zwei Minima) zeigen und andererseits rapiden Schwankungen, welche keinerlei periodischen Verlauf zu nehmen scheinen. Die langsamen periodischen Veränderungen dürften durch starke positive Elektrisirung höherer Schichten, die stets ihren Platz ändern, verursacht werden. Diese Platzänderungen unterliegen, von stürmischer Witterung abgesehen, einer Periodicität, welche durch die Aenderungen der Temperatur bedingt ist. Von den Platzänderungen der höheren elektrischen Schichten werden für die Beobachtung der atmosphärischen Elektricität eines freien Punktes namentlich jene in Betracht kommen, welche eine Annäherung oder Entfernung der elektrischen Schichten in Bezug auf diesen Punkt darstellen. Aufsteigende Luftströme müssen die Elektricität dieses Punktes schwächen, absteigende dieselbe steigern. Bedenkt man nun, daß die barometrischen Schwankungen zum großen Theile ebensolchen Strömungen ihr Entstehen verdanken, so erklärt sich leicht die Uebereinstimmung, die zwischen den barometrischen Curven und jenen des Elektrographen beobachtet wurde. Die langsamen periodischen Veränderungen der atmosphärischen Elektricität in freier Luft sind also durch Bewegungen bedingt, welche auf die ganze Atmosphäre und speciell auf die oberen Schichten wirken. Die rapiden Schwankungen aber schreiben die beiden Forscher örtlichen Bewegungen zu, welche nur auf die, den untersuchten Punkt umgebenden, Luftmassen wirken; auf diese machen daher alle Objecte der Umgebung rasch ihren Einfluß geltend.

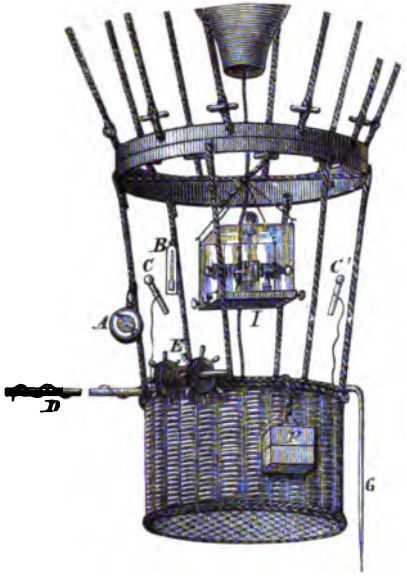
Aus zahlreichen Beobachtungen ergibt sich eine Zunahme der Intensität der Luftelektricität mit der Erhebung in der Atmosphäre; Schübler hat dies an einem freistehenden Thurme bestätigt. Er erhielt hierbei in einer Höhe von 30 Fuß über dem Boden eine Divergenz seines Elektrometers von 15 Graden, während er in einer Höhe von 180 Fuß über der Erdoberfläche eine Divergenz von 64 Graden beobachtete. Mit diesem Resultate stimmen auch jene Beobachtungen überein, welche der genannte Forscher auf einer Reise in den Alpen anstellte. Auf Gipfeln hoher Berge, auf einzelnen, isolirten Felsspitzen zeigte sich die Luftelektricität immer intensiver als unter denselben Umständen in ebenen Gegenden. Biot und Gay-Lussac unternahmen am 24. August 1804 eine Luftfahrt, bei welcher sie neben anderen Experimenten auch die Elektricität der Luft untersuchten. Ein 240 Fuß langer, aus der Gondel herabhängender Metalldraht, der an seinem unteren Ende durch eine Metallkugel beschwert war, zeigte an seinem oberen Ende eine elektrische Ladung, die mit dem Steigen des Ballons an Intensität zunahm. Ein hiervon etwas abweichendes Resultat erhielt Glaisher auf seiner Ballonfahrt, die er von Wolverhampton aus am 17. Juli 1862 unternahm. Er

stellte seine Beobachtungen mit Hilfe eines Thomson'schen Elektrometers in Höhen zwischen 4120 und 7010 Meter an. Bei 4120 Meter Höhe ergab sich die Luft positiv elektrisch; diese positive Elektricität nahm aber bei weiterem Steigen des Ballons an Stärke fortwährend ab, so zwar, daß sie in einer Höhe von 7010 Meter bereits unmeßbar klein geworden war. Sohncke glaubt dies in der Weise erklären zu sollen, daß die Elektricität der Luft mit der Erhebung vom Erdboden allerdings zunehme, jedoch nur bis zu einer gewissen Höhe, in welcher sie ihr Maximum erreiche, dann aber, in größerer Höhe, wieder abnehme.

Sowohl in Bezug auf das Vorzeichen sowie auch bezüglich der Vertheilung der Elektricität in verschiedenen Höhen sind durchaus noch keine absolut sicheren Angaben zu machen. Diese sind erst durch zahlreiche, mit Hilfe des Luftballons auszuführende Beobachtungen zu erwarten. Solche wurden in jüngster Zeit ausgeführt bei einer Fahrt des Ballons »Vindobona« von Wien aus am Abend des 6. Juni 1885 und am 28. November 1886 bei einer Ballonfahrt, welche Marcillac in Gesellschaft des Aëronauten Capazza von Marseille aus unternahm. Wenn wir auch auf die Wiedergabe der hierbei ausgeführten Beobachtungen an dieser Stelle verzichten zu sollen glauben, da hierdurch, wie es ja in der Natur der Sache liegt, doch keine endgiltige Entscheidung zu erzielen ist, so möge doch wenigstens die Ausrüstung einer solchen Expedition kurz angedeutet werden.

Marcillac nahm auf seiner Reise folgende Instrumente und Apparate mit: Ein Barometer (Aneroid) A, Fig. 85, und ein hunderttheiliges Thermometer B; diese beiden Instrumente wurden an zwei jener Taue befestigt, welche den Korb trugen. Am Korbe selbst waren zwei Leiter (oder Collectoren) D und G befestigt; der horizontale Collector D bestand aus drei mit einer Kupferspitze armirten Bambusrohren. Der verticale Collector bestand aus einem wohlisolirten Kupferdrahte, versehen mit einer blanken Bronzespitze. Sowohl diese als auch die Spitze des horizontalen Collectors war mit einer Messingkugel (C' beziehungsweise C) verbunden, die je auf einem isolirenden Handgriffe aufsaß. Als Meßinstrument kam ein Bohnenberger'sches Elektroskop J zur Anwendung, welches im Mittelpunkte jenes Ringes aufgehängt wurde, an den man die Tragseile für die Gondel befestigt. Diesem Elektroskope wurde von Ducretet die in Figur 86 dargestellte Form gegeben. Hierbei ist mit P die trockene Säule bezeichnet, die in ihrer Mitte mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt werden kann. Von den beiden Kugeln B B' an den Enden der Säule führen dünne Kupferstreifen r r' zu den Platten p p', zwischen welchen das Goldblättchen E schwebt; dieses hängt von einer großen Messingkugel herab, die auf dem Glaskasten des Instrumentes befestigt ist. Hinter

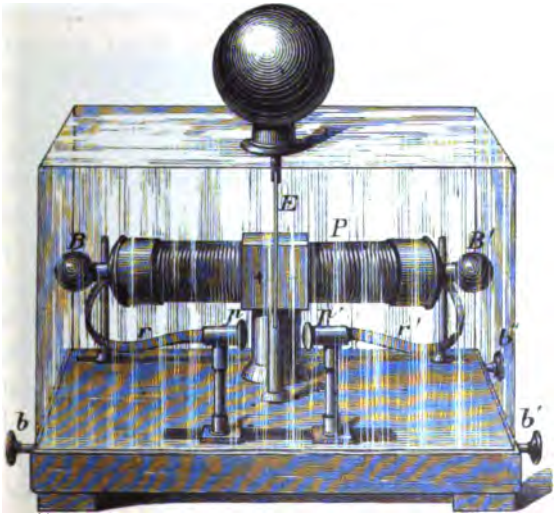
Fig. 85.



Marcillac's Luftballon.

den Polen der Voltaſäule ſind zwei Kupferſtäbchen auf einer gemeinſamen Axe b'' vertical befeſtigt, ſo daß durch Drehung der letzteren die Säulenpole

Fig. 86.



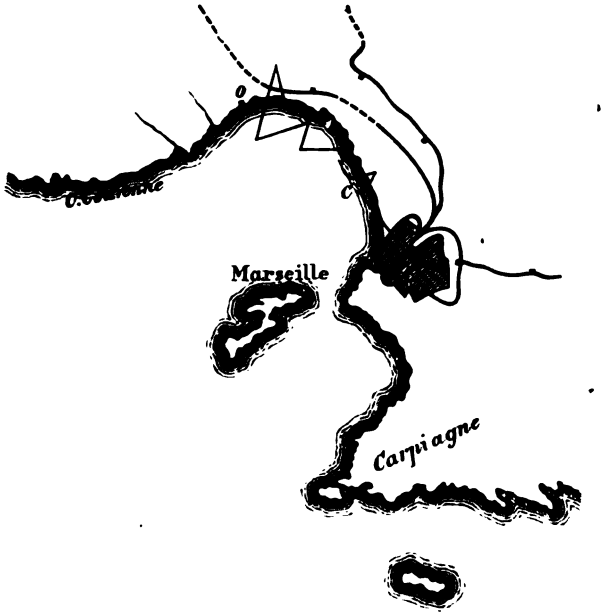
Ducretet's Elektroſkop.

gleichzeitig mit den beiden Kupferstäbchen in Berührung gebracht werden können, wenn man die Säule kurz schließen will. Die Stellung der Platten p p' gegeneinander und gegen das Goldblättchen wird durch die Schrauben b und b' regulirt. Hinter dem Goldblättchen ist eine Ebonitplatte befestigt, auf welcher die Zeichen + und — angebracht sind. Marcillac fügte überdies noch eine Theilung bei, um die Größe des Ausschlages ersehen zu können und eine zweite zur Bestimmung der Entfernung beider Platten (p p^1) voneinander. Die Wirkungsweise und Verwendung des Apparates ergibt sich hiernach wohl von selbst. (Vergl. Seite 14.)

In den Figuren 87 und 88 ist schließlich noch die Bahn skizzirt, welche der Ballon in horizontaler und verticaler Richtung zurücklegte.

Auch Palmieri bemühte sich, die Beziehung, in welcher die atmosphärische Elektricität einer Luftschichte zu ihrer Höhe über der Erdoberfläche steht, festzustellen. Es wurden zu diesem Behufe gleichzeitige Untersuchungen durchgeführt, einerseits auf der Universitäts-Sternwarte, 57 Meter über dem Meere, und andererseits auf dem Glockenthurme von S. Chiara, welcher 15 Meter höher liegt, auf der Sternwarte von Capodimonte, die 149 Meter hoch liegt, auf den Terrassen des Forts von S. Elmo und endlich auf dem Molo S. Vincenzo, der sich vier bis fünf Meter über das Meer erhebt. Hierbei wurden mit einer einzigen Ausnahme in größerer Höhe auch stärkere elektrische Anzeichen erhalten. Zu einem entgegengesetzten Resultate führten aber jene Versuche, welche Palmieri später unternahm. Als Beobachtungspunkte wurden dabei die Beobachtungsstation am Vesuv, in einer Höhe von 637 Meter über dem Meere, und die Universitäts-Sternwarte in Neapel gewählt. Um die Versuche in beiden Stationen streng gleichzeitig anstellen zu können, verband Palmieri (im Jahre 1872) beide Stationen durch eine Telegraphenleitung. Die an beiden Orten genau zur selben Zeit, viermal des Tages und auch öfter vorgenommenen Messungen ergaben, daß die Werte für die Elektricität in Neapel mit wenigen Ausnahmen jenen am Vesuv erhaltenen überlegen waren. Dasselbe Resultat, also stärkere Elektricitätsanzeigen an tiefer gelegenen Punkten als auf höher gelegenen, erhielten auch Brioschi am Capodimonte und ferner wurde auch bei den Versuchen zwischen dem kleinen S. Bernardo (Paßhöhe 2157 Meter) und der Beobachtungsstation von Moncalieri (350 Meter) dasselbe Ergebniß erzielt. Ist auch durch diese Resultate das auf Grund zahlreicher älterer Beobachtungen aufgestellte Gesetz, nach welcher die elektrische Spannung mit der Höhe zunehmen soll, noch nicht als ungiltig erklärt zu betrachten, da die letztbesprochenen Versuche möglicherweise durch örtliche Verhältnisse beeinflußt sein konnten, so ergibt sich hieraus immerhin, daß man bis nun noch zu keinem vollkommen sicheren, unanfecht-

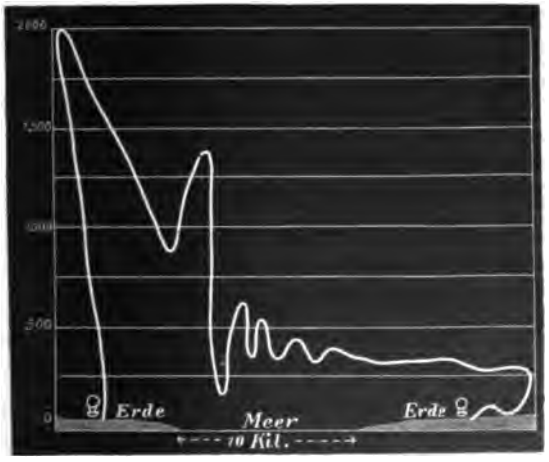
Fig. 87.



Flugbahn des Ballons.

baren Resultate gelangt ist. Palmieri macht mit Recht darauf aufmerksam, daß bei den älteren Versuchen die Beobachtungen in größeren und geringeren

Fig. 88.



Flugbahn des Ballons.

trischen Wolke gehen, werden daher durch Induction negativ elektrisch, ebenso wie im Experimente die durch das positiv elektrische Metallrohr fallenden Tropfen. Durch die fortschreitende Condensation der Wolke wird aber auch eine Oberflächenverkleinerung und somit eine Erhöhung der elektrischen Spannung herbeigeführt, die ihrerseits wieder eine Verstärkung der Influenzwirkung im Gefolge hat. Da nun sowohl die Bildung neuer Dunstmassen, ebenso wie auch die Condensation der vorhandenen längere Zeit nebeneinander fortlaufende Processe sind, so halten es Geitel und Elster für sehr wohl möglich, daß hierbei die elektrischen Spannungen sich bis zu Blitzentladungen steigern können. Welchem Umstande aber die Wolke ihre ursprüngliche Ladung mit positiver Elektricität verdanken soll, wird nicht näher ausgeführt, sondern vielmehr nur auf verschiedene mögliche Ursachen hingewiesen.

Volta's Ansicht über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität fand sowohl warme Anhänger, als auch entschiedene Gegner. Einiges hierüber ergab sich bereits in einem früheren Abschnitte Gelegenheit mitzutheilen, anderes möge nachstehend noch Erwähnung finden. David Brooks glaubt dem Verdampfungsprocesse die Fähigkeit, Elektricität zu erregen, deshalb absprechen zu müssen, weil die natürlichen Wasserreservoirs der Erde nicht von dieser isolirt sind. Blake verwirft die Verdampfungstheorie auf Grund von Experimenten, welche er im Laboratorium Helmholtz ausgeführt hat. Er bediente sich hierbei eines mit reinem Wasser gefüllten Porzellantiegels, welcher in einem isolirt aufgestellten Sandbade bis auf 100 Grad Celsius durch einen darunter gestellten Bunsenbrenner erhitzt wurde; das Wasser stand mit den Quadranten eines Elektrometers in leitender Verbindung. Letzteres zeigte vor dem Versuche auf Null und behielt diese Stellung auch bei, als nach der Erhitzung des Wassers der Brenner entfernt wurde; das Elektrometer gab ebenso nach 5, 10 und 15 Minuten keine Anzeichen einer elektrischen Spannung, oder entfernte sich von der Nullstellung nur sehr unbedeutend und unregelmäßig und nicht weiter, als bei einer Temperatur des Wassers, gleich jener im Laboratorium. Dasselbe negative Resultat erhielt Blake, wenn er an Stelle des reinen Wassers Meerwasser oder eine Kupfersulfatlösung anwandte.

Einen Vertheidiger fand Volta's Ansicht hingegen in neuerer Zeit an Palmieri. Dieser Forscher gibt allerdings zu, daß durch langsame Verdampfung von Wasser zu wenig Elektricität erzeugt wird, um selbe durch unsere Instrumente nachweisen zu können und verkennt auch keineswegs die Schwierigkeiten, welche sich einem einwurfsfreien experimentellen Nachweise von Elektricität bei rascher Verdampfung entgegenstellen, glaubt aber immerhin einen solchen beigebracht zu haben. Bringt man Wasser zum Verdampfen,

Jedoch ist zu bemerken, daß bei heftigen Platzregen die Elektricität häufig eine derartige Steigerung erfährt, daß Blitze zustande kommen. Die vorerwähnten Zonen sind dabei ausgedehnter und der bewegliche Leiter nimmt Ladungen an, welche mehr oder minder kräftige Funken ermöglichen.

Die fortgesetzten Beobachtungen der atmosphärischen Elektricität ergaben für diese, außer der täglichen, auch eine jährliche Periode. Diese ist für verschiedene Orte der Erdoberfläche nicht dieselbe, sondern zeigt in ihrem zeitlichen Verlaufe Verschiebungen, welche durch die klimatischen Verhältnisse der betreffenden Orte bestimmt werden. Die Perioden sämmtlicher Orte stimmen aber darin überein, daß ihre Maxima in die kalte, ihre Minima in die warme Jahreszeit fallen. Das Maximum der Luftelektricität tritt nämlich für die verschiedenen Orte der Erdoberfläche in den Monaten November, December, Januar, Februar und auch März ein, das Minimum in den Monaten Mai bis August. Für die südliche Halbkugel ergibt sich aus Neumayer's südaustralischen Beobachtungen das Eintreffen des Maximums gleichfalls für die kalte Jahreszeit (Juni) und das des Minimums für die heiße Jahreszeit (März). Schiffslieutenant Lephay studirte am Cap Horn mit Hilfe der Mascart'schen Apparate die atmosphärische Elektricität und kam dabei gleichfalls zu dem Resultate, daß sie ihr Maximum bei klarem Frostwetter, also ebenfalls im Winter erreicht. Daß die Minima der atmosphärischen Elektricität gerade zu einer Jahreszeit eintreten, in welcher die Gewitter am stärksten und heftigsten auftreten, mag auf den ersten Blick ungereimt erscheinen. Diese scheinbare Ungereimtheit verschwindet aber bei nachstehender Erwägung. Die atmosphärische Elektricität ist bei reinem Himmel am geringsten und nimmt wie bereits erwähnt, mit der relativen Feuchtigkeit der Luft, also mit der Bildung von Nebel und Wolken zu; sie erreicht ihr Maximum beim Eintritte von Regen. Einen je höheren Grad der Feuchtigkeit aber die Luft erlangt, desto rascher kann sich auch die Elektricität zerstreuen und erhält daher keine Gelegenheit zu den gewaltsamen Ausgleichen im Blitzstrahle.

III.

Versuche zur Erklärung der atmosphärischen Elektricität.

Nachdem wir uns im vorhergehenden Abschnitte mit den Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität vertraut gemacht und die Apparate, welche zur Beobachtung und Messung derselben dienen, kennen gelernt haben, drängt sich uns zunächst wohl die Frage auf: Wie entsteht die atmosphärische Elektricität überhaupt und jene der Gewitter insbesonders, oder welche sind die Quellen der atmosphärischen Elektricität? Wir müssen, vorgreifend den nachfolgenden Zeilen, gleich an dieser Stelle das Geständniß ablegen, daß bis nunzu eine vollkommen befriedigende Beantwortung obiger Frage leider nicht gelungen ist, wenngleich, namentlich in jüngster Zeit, von verschiedenen Forschern durch Experimente und langjährige Beobachtungen mancher dunkle Punkt aufgehellt wurde. Kann es zwar nicht unsere Aufgabe bilden, an dieser Stelle alle Erklärungsversuche wiederzugeben, so halten wir es doch für geboten, die wichtigsten derselben zu erwähnen. Sie gehören zwei verschiedenen Gruppen an, je nachdem die atmosphärische Elektricität auf einen terrestrischen oder aber auf einen kosmischen Ursprung zurückgeführt wird. Beschäftigen wir uns zunächst mit der Theorie der ersten Gruppe.

Schon im Jahre 1786 beobachtete Tralles, wie Arago berichtet, unzweideutige Anzeichen negativer Elektricität in dem äußerst feinen Wasserstaube in der Nähe des Staubbachfalles und ebenso in jenem des Reichenbachfalles. Dasselbe Resultat ergaben die Untersuchungen Volta's an dem Pissevache und an allen, auch noch so unbedeutenden Wasserfällen, wenn es bei diesen nur überhaupt zur Bildung von Wasserstaub kommt. Volta und

später auch Tralles, beide erblickten in der starken Verdampfung, welche der Wasserstaub erleiden muß, die Ursache der Elektricitätserregung. Es wurde in einem vorhergehenden Abschnitte (II. Abth., IV. S. 151) bereits erwähnt, daß Volta eben in der Verdampfung auch die Ursache der atmosphärischen Elektricität erkennen zu müssen glaubte. Professor Belli stellte nun zwar nicht jeden Einfluß der Verdampfung auf das elektrische Verhalten des Wasserstaubes bei Wasserfällen in Abrede, schreibt aber die Hauptrolle einer Inductionswirkung der atmosphärischen Elektricität auf die fallenden feinen Wassertröpfchen zu; die gewöhnlich positiv elektrische Atmosphäre inducirt negative Elektricität auf den Wassertröpfchen und diese übertragen ihre negative Ladung auf alle Körper, die sie treffen. Belli's Ansicht fand eine Bestätigung in den Versuchen, welche in jüngster Zeit (also ungefähr 100 Jahre nach Belli) von Elster und Geitel ausgeführt wurden.

Elster und Geitel stellten ein cylindrisches Metallrohr in verticaler Lage isolirt auf; in dieses Rohr konnte man unter Vermittlung eines isolirten Handgriffes ein gleichfalls cylindrisches Metallgefäß einführen, dessen Boden mit einer engen Ausflußröhre versehen war. Ertheilte man nun dem Rohre eine schwache, z. B. positiv elektrische Ladung und ließ hierauf aus dem Metallgefäße Wasser durch das Rohr fallen, ohne dieses zu berühren, so erwiesen sich die Wassertröpfchen negativ elektrisch, während das Metallgefäß Ausflußgefäß) positiv elektrisch wurde. Senkt man dann das Metallgefäß in das Metallrohr, so daß beide auf kurze Zeit mit einander in Berührung kommen, so geht die positive Ladung des Ausflußgefäßes auf das Metallrohr über und verstärkt dadurch die ursprüngliche positive Ladung desselben. Die nunmehr durch das Rohr fallenden Wassertropfen zeigen, entsprechend der verstärkten positiven Ladung des Rohres, auch eine stärkere negative Ladung, während gleichzeitig auch das Ausflußgefäß eine stärkere positive Ladung annimmt. Wird dieser Vorgang genügend oft wiederholt, so erreicht die Ladung des Metallrohres eine solche Stärke, daß man dem Rohre Funken entlocken kann. Die Anwendung dieses Experimentes zur Erklärung der Elektricität bei Wasserfällen oder allgemeiner, in der Atmosphäre überhaupt, ergibt sich in folgender Weise: Besitzt eine Wolke in ihren tiefer gelegenen Theilen eine, wenn auch sehr schwache Ladung positiver Elektricität, so wird diese ihren Platz ziemlich unverändert beibehalten oder sich langsam über die ganze Wolke verbreiten — vorausgesetzt, daß sich die Wolke nicht in Regen auflöst. Tritt aber letzteres ein, so wird die Umwandlung der Dunstmassen in Wassertropfen, wie man wohl mit einiger Berechtigung annehmen darf, in den obersten Theilen der Wolken beginnen. Die hier erzeugten Wassertropfen müssen dann beim Herabfallen durch die unteren Schichten der elek-

trischen Wolke gehen, werden daher durch Induction negativ elektrisch, ebenso wie im Experimente die durch das positiv elektrische Metallrohr fallenden Tropfen. Durch die fortschreitende Condensation der Wolke wird aber auch eine Oberflächenverkleinerung und somit eine Erhöhung der elektrischen Spannung herbeigeführt, die ihrerseits wieder eine Verstärkung der Influenzwirkung im Gefolge hat. Da nun sowohl die Bildung neuer Dunstmassen, ebenso wie auch die Condensation der vorhandenen längere Zeit nebeneinander fortlaufende Processe sind, so halten es Geitel und Elster für sehr wohl möglich, daß hierbei die elektrischen Spannungen sich bis zu Blitzentladungen steigern können. Welchem Umstande aber die Wolke ihre ursprüngliche Ladung mit positiver Elektricität verdanken soll, wird nicht näher ausgeführt, sondern vielmehr nur auf verschiedene mögliche Ursachen hingewiesen.

Volta's Ansicht über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität fand sowohl warme Anhänger, als auch entschiedene Gegner. Einiges hierüber ergab sich bereits in einem früheren Abschnitte Gelegenheit mitzutheilen, anderes möge nachstehend noch Erwähnung finden. David Brooks glaubt dem Verdampfungsprocesse die Fähigkeit, Elektricität zu erregen, deshalb absprechen zu müssen, weil die natürlichen Wasserreservoirs der Erde nicht von dieser isolirt sind. Blake verwirft die Verdampfungstheorie auf Grund von Experimenten, welche er im Laboratorium Helmholtz ausgeführt hat. Er bediente sich hierbei eines mit reinem Wasser gefüllten Porzellantiegels, welcher in einem isolirt aufgestellten Sandbade bis auf 100 Grad Celsius durch einen darunter gestellten Bunsenbrenner erhitzt wurde; das Wasser stand mit den Quadranten eines Elektrometers in leitender Verbindung. Letzteres zeigte vor dem Versuche auf Null und behielt diese Stellung auch bei, als nach der Erhitzung des Wassers der Brenner entfernt wurde; das Elektrometer gab ebenso nach 5, 10 und 15 Minuten keine Anzeichen einer elektrischen Spannung, oder entfernte sich von der Nullstellung nur sehr unbedeutend und unregelmäßig und nicht weiter, als bei einer Temperatur des Wassers, gleich jener im Laboratorium. Dasselbe negative Resultat erhielt Blake, wenn er an Stelle des reinen Wassers Meerwasser oder eine Kupfervitriollösung anwandte.

Einen Vertheidiger fand Volta's Ansicht hingegen in neuerer Zeit an Palmieri. Dieser Forscher gibt allerdings zu, daß durch langsame Verdampfung von Wasser zu wenig Elektricität erzeugt wird, um selbe durch unsere Instrumente nachweisen zu können und verkennt auch keineswegs die Schwierigkeiten, welche sich einem einwurfsfreien experimentellen Nachweise von Elektricität bei rascher Verdampfung entgegenstellen, glaubt aber immerhin einen solchen beigebracht zu haben. Bringt man Wasser zum Verdampfen,

indem man es in einem Platintiegel durch eine Flamme erhitzt, so kann die Elektrisirung des Tiegels durch die Flamme bewirkt worden sein; macht man den leeren Platinbecher glühend und bringt hierauf einige Tropfen destillirten Wassers hinein, so tritt bald ein rauschendes Sieden ein, aber die hierbei auftretende, nachweisbare Elektricität kann ihre Entstehung der Reibung des heftig entweichenden Dampfes zu verdanken haben. Palmieri änderte daher das Experiment in nachstehender Weise ab. Es wurde durch eine Linse von ungefähr 30 Centimeter Durchmesser ein Bündel Sonnenstrahlen auf der Oberfläche des in einem Platintiegel befindlichen Wassers concentrirt; man bewirkt auf diese Weise ein rasches Entfernen der Dampfbläschen von der Flüssigkeitsoberfläche und erhält einen eigenthümlichen Siedezustand. Hierbei gelang es Palmieri, zwar schwache, aber constante Anzeigen negativer Elektricität auf dem Tiegel nachzuweisen.

Immerhin will aber Palmieri in der Verdampfung nur die entferntere, in der Condensation hingegen die eigentliche unmittelbare Ursache der Elektricitätserregung erkannt wissen. Die Condensationshypothese hat auch in Wettstein einen eifrigen Vertreter gefunden, dessen Gedankengang hierbei ungefähr folgender ist. Geht Wasser aus dem gasförmigen in den flüssigen Aggregationszustand über, so wird stets Wärme frei. So bewirkt diese bei der Condensation frei werdende Wärme z. B. in unseren Destillationsapparaten eine bedeutende Temperaturerhöhung des Kühlwassers. Verdichtet sich also der in der Luft vorhandene Wasserdampf zu Wolken oder Regen, so muß gleichfalls eine erhebliche Wärmemenge frei werden; findet diese keine andere Verwendung, so müßten die eben erzeugten Wassertropfen wieder in Dampf verwandelt werden und es bliebe unerklärt, auf welche Art oft so bedeutende Niederschläge zustande kommen können. Ihr Entstehen wird aber begreiflich, wenn man annimmt, daß hierbei eine Umwandlung der Condensationswärme in Elektricität stattfindet, daß die frei werdende Wärme dazu verwendet werde, die Elektricität gewissermaßen in ihre beiden Componenten, in positive und negative Elektricität zu zerlegen. Bei diesem Processe gehe dann die negative Elektricität auf die Niederschläge über und werde durch diese fortgeführt, während die positive Elektricität in der Luft zurückbleibt. Durch die Fortdauer der Entladungen (Blitze) und der Niederschläge wird zwar der Luft die größte Menge ihrer positiven Ladung entzogen, doch bleibt der schlechten Leitungsfähigkeit dieses Mediums wegen immer noch genug positive Elektricität zurück, um die gewöhnlichen Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität zu erklären. Da ferner ein Blitz nur bei kräftiger Elektricitätsentwicklung entstehen kann, erklärt es sich auch, warum einem solchen stets verstärkter Regen folge.

Wie bereits erwähnt, will zwar Palmieri auch die Verdampfung zur atmosphärischen Elektricität in Beziehung gebracht wissen, sieht aber immerhin als eigentliche Ursache derselben die Condensation an. Er faßt seine diesbezüglichen mehr als dreißigjährigen am Vesuv ausgeführten Beobachtungen in nachstehende Sätze zusammen. Die atmosphärische Elektricität nimmt zu in dem Augenblicke, in welchem die relative Feuchtigkeit stärker wird. Sie nimmt zu bis zur Funkenbildung bei Regen, Hagel oder Schnee, der im Beobachtungsorte oder, was noch besser ist, in einer gewissen Entfernung von diesem niedergeht. Das rasche Auftreten von Nebel am Horizonte ist immer von stärkeren elektrischen Anzeichen begleitet, wenn dieselben auch nicht mit jenen zu vergleichen sind, die bei reichlichem Regenfall eintreten. Die starken elektrischen Kundgebungen, welche sich mit dem gewöhnlichen Bifilar-Elektrometer nicht messen lassen, finden nur bei fallendem Regen, Hagel oder Schnee innerhalb eines Halbmessers statt, welcher nach den Grenzen der Beobachtungen 70 Kilometer nicht übersteigt. Die funkenbildende Elektricität, wie man sie von gut isolirten und der Luft ausgesetzten Leitern erhält, setzt mit Nothwendigkeit das Vorhandensein von Regen, Hagel oder Schnee innerhalb der angezeigten Entfernung voraus. Eine Wolke, die sich rasch in Regen, Hagel oder Schnee auflöst, muß als reichhaltige Quelle von Elektricität angesehen werden, welche inducirend auf die benachbarten Zonen wirkt und sich in Form von Blitzen entladet, wenn sie sich nicht durch Vermittlung der Feuchtigkeit in der Umgebung oder durch die Wolken ruhig zerstreuen kann. Die als Feuererscheinung auftretende Entladung bringt nothwendig das Licht des Blitzes und das Geräusch des Donners mit sich, daher es kein Leuchten ohne Regen und keine Blitze ohne Donner geben kann. Die Blitze des Abends, sagt Palmieri, als Folge der Hitze bezeichnet, sind nichts anderes als Aeußerungen entfernter Gewitter, wovon ich mich oftmals zu überzeugen Gelegenheit hatte, nachdem ich in der Lage war, mir mittelst des Telegraphen Witterungsnotizen zu verschaffen. Die größte von mir beobachtete Pause zwischen dem Erscheinen des Blitzes und dem Hören des Donners betrug 59 Secunden, woraus folgt, daß das Geräusch des Donners die Entfernung von 21 Kilometer nicht überschreitet, während man das Licht auf eine viel größere Entfernung wahrnimmt.

Um die aus den Beobachtungen gefolgerte Condensationshypothese experimentell zu begründen, führte Palmieri folgenden Versuch aus. Mit Hilfe eines Kohlenfeuers wurde Wasser in einem Metallgefäße zum Verdampfen gebracht und der nach oben steigenden Dampfwolke ein mit einer Oeffnung nach unten gekehrter Platintiegel entgegengestellt. Letzterer war, um ihn abkühlen zu können, gewissermaßen als Boden in einem Glascylinder eingekittet, der

mit kaltem Wasser, Schnee, wohl auch mit Schnee und Salz gefüllt wurde. Die Verbindung dieses Platintiegels mit einem äußerst empfindlichen Elektroskope ließ stets Anzeichen positiver Elektricität wahrnehmen, so oft sich der Dampf am Platintiegel rasch condensirte.

In neuerer Zeit wurde Landerer durch eine Beobachtung, welche er an Telephondrähten machte, veranlaßt, gleichfalls für die Condensationshypothese einzutreten. Landerer hörte nämlich durch ein Telephon, dessen Leitung über die Dächer der Häuser geführt war, ein dem Zinngeschrei (d. h. dem eigenthümlichen Geräusche, welches Zinnstangen beim Biegen hören lassen) ähnliches Knistern, so oft die Luft sehr feucht war; in diesem Geräusche glaubte er die Wirkung der durch die Condensation des Wasserdampfes erregten Elektricität erkennen zu sollen. Kalischer, welcher dieses Experiment einer neuerlichen Prüfung unterwarf, erhielt jedoch stets ein negatives Resultat.

Kalischer ist der Frage, ob durch Condensation eine Elektricitätserregung stattfindet, auch auf einem anderen Wege näher getreten; hierbei wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Auf einem zweckentsprechend geformten, isolirten Gestelle ruhten 12 mit Zinnpapier überkleidete Glasgefäße, in welche man Eisstücke brachte. Infolge der hierdurch bewirkten Temperaturerniedrigung schlug sich der in der Luft befindliche Wasserdampf auf den Gefäßen nieder. Letztere waren mit einem Quadrantenpaare des Thomson'schen Elektrometers verbunden, während das andere Paar zur Erde abgeleitet wurde. Um auch etwaige elektrische Influenzwirkungen auszuschließen, umgab Kalischer das ganze Gefäßsystem mit einem Metallkäfig. Bei diesen sehr sorgfältig ausgeführten Versuchen ist es jedoch nicht gelungen, eine durch die Condensation bewirkte Elektricitätserregung nachzuweisen. Es darf aber auch allerdings nicht verschwiegen werden, daß die Elektrometernadel während der Versuche nicht ruhig auf Null stehen blieb, sondern vielmehr ganz unregelmäßig hin- und herschwankte.

Ein ähnliches, also gleichfalls negatives Resultat wurde auch durch Versuche erreicht, welche Freeman ausgeführt hat. Andererseits hat aber Palmieri in jüngster Zeit, ohne von den eben besprochenen Untersuchungen Kenntniß zu haben, ein sehr einfaches Experiment angegeben, welches seiner Meinung nach den Beweis liefert, daß stets Elektricität erregt werde, sobald sich der in der Luft befindliche Wasserdampf infolge einer Temperaturerniedrigung condensirt. Als Elektroskop benützte er hierbei sein sehr empfindliches mit Condensator versehenes Instrument. »Ich nahm, berichtet Palmieri über dieses Experiment, ein Platingefäß von ungefähr 12 Centimeter Durchmesser. Nach sorgfältiger Isolirung setzte ich dasselbe mittelst eines Platindrahtes mit der unteren Platte des Condensators in Verbindung und überzeugte mich

in der gewöhnlichsten Weise davon, daß das Goldblättchen unbeweglich blieb und daß sich dasselbe Resultat ergab, gleichgiltig, ob das Platingefäß leer blieb oder mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur gefüllt wurde. Indem ich dann das leere Gefäß mit Schnee füllte und jetzt, wie gebräuchlich, die obere Condensatorplatte für einen Augenblick mit der Erde in Verbindung setzte, sah ich das Goldblättchen derart abgelenkt, daß es constant positive Elektricität anzeigte.« Palmieri knüpft an dieses Experiment die Hoffnung, es sei nunmehr endgiltig der Beweis dafür erbracht, daß die Entstehungsursache der atmosphärischen Elektricität in der Condensation des Wasserdampfes zu suchen sei. Nun hat aber Franco Magrini diesen Versuch Palmieri's wiederholt und hierbei mit peinlichster Sorgfalt alle Umstände auszuschließen gesucht, welche die Reinheit des Experimentes beeinträchtigen könnten, auch die Empfindlichkeit des hierzu benützten Elektrometers auf das Aeußerste gesteigert, und doch kam er zu dem Resultate: die durch Palmieri beobachtete Elektricität sei durch Reibung entstanden, während sich eine Elektricitätserregung durch Condensation nicht nachweisen lasse. Ob mit Magrini's Versuchen, auf welche hier näher einzugehen zu weit führen würde, wohl das letzte Wort in Bezug auf die Condensationshypothese gesprochen ist?

Wenn man auch die eben behandelte Frage nunmehr als erledigt betrachten will, bleibt doch noch eine andere Frage, die Beziehungen zwischen Verdampfung respective Condensation einerseits und atmosphärischer Elektricität andererseits betreffend, zu beantworten übrig, die gleichfalls für die Erklärung der elektrischen Erscheinungen in der Natur von Wichtigkeit ist. Diese Frage lautet: Führt der aus einer elektrisirten Flüssigkeit aufsteigende Dampf Elektricität mit, oder nicht?

Die Bedeutung dieser Frage für die Erklärung der atmosphärischen Elektricität wird weiter unten, wo die Annahme einer ursprünglichen Elektrisirung der Erde besprochen werden soll, vollständig klar werden. Vorläufig soll jedoch nur gezeigt werden, wie es mit der Beantwortung der Frage selbst steht. Nachdem sich vor längerer Zeit (1854 beziehungsweise 1858) Buff und ebenso De la Rive für die Fortführung der Elektricität durch den aus elektrischem Wasser aufsteigenden Wasserdampf ausgesprochen hatten, wandten in jüngster Zeit (1883 beziehungsweise 1886) Blake und in besonders eingehender Weise Franz Exner diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zu.

Blake elektrisirte das in einem Porzellangefäße enthaltene Wasser, welches durch ein Sandbad erhitzt werden konnte, entweder dadurch, daß er den einen Poldraht, einer aus 480 Kupfer-Zink-Elementen bestehenden Batterie in das Wasser tauchte und den anderen Poldraht mit der Erde in leitende Verbindung setzte, oder durch eine von einem hydraulischen Motor getriebene

Elektrisirmaschine. Oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche war eine isolirte Metallplatte angebracht, die zuerst unmittelbar mit der Erde und dann mit einem Quadranten-Elektrometer in Verbindung gesetzt wurde. Das Instrument gab bei diesen Versuchen keinerlei elektrische Anzeigen, gleichgiltig ob das Wasser kalt war oder auf 100 Grade Celsius erhitzt wurde. Dasselbe negative Resultat erhielt Blake, als er das Wasser im Porzellangefäße durch Salzlösungen oder durch Quecksilber ersetzte, weshalb er auf Grund dieser Experimente behauptete, daß der aus elektrisirtem Wasser, Quecksilber oder aus elektrisirten Salzlösungen aufsteigende Dampf nicht im Stande ist, Elektricität mitzuführen.

Exner weist mit Recht darauf hin, daß dieses Ergebniß mit jenem anderer Versuche und überhaupt mit den Gesetzen der Elektrostatik in Widerspruch steht. Wo sollte denn die Elektricität, die man einer ideal gut isolirten Flüssigkeit zuführt, hinkommen, wenn letztere vollständig verdampft wird? Andererseits hat bereits Mascart nachgewiesen, daß durch Elektrisirung einer Wasserfläche die Verdampfung beschleunigt wird, und Exner hat dies durch weitere Versuche bestätigt. Wieso dieses Verhalten elektrisirter Flüssigkeiten nur dann erklärt werden kann, wenn man eine Mitführung (Convection) der Elektricität durch den Dampf annimmt, ergibt nachstehende Betrachtung. Bekanntlich besteht die Verdampfung einer Flüssigkeit darin, daß Flüssigkeitsmoleküle in größerer oder geringerer Anzahl über die Flüssigkeitsoberfläche mit großer Kraft hinaustreten und dann die an der Oberfläche wirkenden Molekularkräfte nicht mehr ausreichen, die Moleküle wieder zur Flüssigkeit zurückzuführen. Die Geschwindigkeit der Verdampfung ist also desto größer, je größer die Anzahl jener Moleküle ist, welche, die molekulare Anziehungskraft an der Wasseroberfläche überwindend, dieselbe dauernd verlassen. Hiernach ist es klar, daß die Geschwindigkeit der Verdampfung eine andere sein muß, wenn die, eine elektrisirte Wasseroberfläche verlassenden Moleküle selbst elektrisch sind, als wenn sie unelektrisch bleiben. Im letzteren Falle wird die elektrische Wasseroberfläche nicht nur durch ihre molekulare Anziehungskraft, sondern auch durch elektrische Anziehung die Wassermoleküle zur Flüssigkeit zurückzuziehen suchen, d. h. also, die Verdampfung einer Flüssigkeit müßte durch Elektrisirung derselben verzögert werden. Treten hingegen die Wassermoleküle gleichnamig elektrisch geladen aus der Wasseroberfläche heraus, so wird ihr Bestreben, diese zu verlassen, noch durch die zwischen gleichnamigen Elektricitäten herrschende Abstoßungskraft unterstützt: die Verdampfung muß also beschleunigt werden. Da nun in der That das Experiment eine Beschleunigung der Verdampfung durch Elektrisirung des Wassers ergibt, so ist hieraus zu folgern, daß der von einer elektrisirten Wasseroberfläche aufsteigende Dampf Elektricität mitführt.

der Erde und den Wassertheilchen befindet, und gegen Zerstreuung in den Weltraum ist die Elektricität durch Mangel an Materie geschützt.

Unter den verschiedenen Reibungsvorgängen, welche in der Natur stattfinden, ist es nach Jordan in erster Linie die Reibung der Wassertheilchen gegen die Luft, wodurch die atmosphärische Elektricität erregt wird. Hierbei sollen die Wassertheilchen positiv, die Luft negativ elektrisch werden. Die Stärke der Elektricitätsbewegung wird einerseits durch die Menge des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes, also durch die Stärke der Verdampfung irdischer Gewässer und andererseits durch die Stärke und Dauer der Bewegung, welche die Wassertheilchen in der Luft machen, bestimmt. Da nun die Luft fast immer Wasserdämpfe enthält, und diese vermöge ihrer Leitungsfähigkeit ihre positive elektrische Ladung leicht wieder an andere leitende Körper abgeben, so ist es begreiflich, daß unsere Instrumente fast immer positive Elektricität anzeigen. Die schlecht leitende (trockene) Luft behält hingegen ihre negative Ladung und diese kann daher mit dem Elektrometer nicht nachgewiesen werden. Wie stimmt aber diese Theorie zu der anerkannten Thatsache, daß die atmosphärische Elektricität im Sommer am schwächsten und im Winter am stärksten ist? Im Sommer besitzt die Luft allerdings den größten Wassergehalt, aber dieser Wassergehalt befindet sich, meint Jordan, nur in den oberen Luftschichten, da im Sommer die infolge der Wärme aufsteigenden Luftströme den Wasserdampf größtentheils in die Höhe führen und der in der unteren Schicht befindliche Wasserdampf mehr trockener Natur ist, also einen schlechten Elektricitätsleiter bildet; im Winter hingegen sind die unteren Schichten mit mehr nassen (condensirten) Dämpfen erfüllt, die als gute Leiter der Elektricität, diese den Instrumenten reichlicher zuführen. Wo aber große Wolkenmassen und gleichzeitig starke Bewegungen zusammentreffen, was vorzüglich im Sommer stattfindet, muß auch die Elektricität im stärkeren Maße auftreten und daher werden auch Gewitter häufiger in der warmen Jahreszeit beobachtet.

Ueber das weitere Verhalten der negativ elektrischen Ladung der Luft hat sich Jordan nachstehende Erklärung gebildet. Die Luft kann als Isolator ihre Ladung nicht direct an die Erde abgeben, sondern nur durch Vermittlung eines Leiters verlieren. Einen solchen bildet das Wasser in Form von Regen, Nebel oder Thau. Die von der Erde aufsteigenden Wasserdämpfe entziehen der Luft ihre negative Elektricität und führen sie in höhere Regionen, wo sie negativ elektrische Wolken bilden können, oder sie geben die negative Elektricität an die Erde ab, wenn sie als Regen, Thau oder Nebel fallen. Ueberdies werden auch vielfache Ausgleichsprocesse eintreten zwischen den durch Reibung positiv elektrisirten Wasserdämpfen und jenen Dämpfen,

einer bis zwei Minuten wieder, so findet man das Metallgefäß meist etwas mit gleichartiger Elektricität geladen, die durch Zerstreuung in die Luft übergegangen ist. Füllt man das Schälchen aber mit Alkohol oder Aether und bringt es jetzt im elektrisirten Zustande wieder über das vorher abgeleitete Gefäß, so findet man dasselbe nach Verlauf der gleichen Zeit viel beträchtlicher gleichnamig geladen, was einer Ueberführung der Ladung durch die herabsinkenden Dämpfe zuzuschreiben ist. Mit einem Quadranten-Elektrometer gemessen waren beispielsweise die Ausschläge die folgenden: Schale leer 10—15 Millimeter; Alkohol 60—80 Millimeter; Aether 150—200 Millimeter. Diese Experimente und jene über die Verdampfungsgeschwindigkeiten des elektrischen und unelektrischen Wassers dürften also wohl als Beweis dafür gelten können, daß der Wasserdampf Elektricität mit sich führt, sobald er sich aus elektrisirtem Wasser entwickelt. Dieser Umstand ist wichtig für die von Peltier aufgestellte Theorie, auf die wir weiter unten zurückkommen wollen.

Da die Reibung schon in ältester Zeit als Elektricitätsquelle erkannt wurde, die Entdeckungen anderer Erregungsmethoden aber erst in späterer Zeit erfolgten, ist es begreiflich, daß man auch bei den ersten Versuchen, die Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität zu erklären, zunächst ebenfalls zur Reibung seine Zuflucht nahm. Sehen wir von den älteren Vertretern der Reibungshypothese ab, so haben wir aus neuerer Zeit Jordan, Sohncke, Brooks, Tromelin, Hoppe, Andries, Luvini u. A. zu nennen.

Der Reibungsprocesse gibt es mannigfaltige in der Natur, sagt Jordan: Sie finden statt zwischen den Wogen und Wellen des Meeres und der Landgewässer einerseits und den Ufern des Landes andererseits; zwischen der trockenen und feuchten, sowie der staub- und raucherfüllten Luft und der Erdoberfläche; zwischen dem atmosphärischen Wasser und trockenen Lufttheilen; diese Reibung erfolgt im starken Maße auch, wenn bei der Condensation der Wasserdämpfe die Dampfpartikeln, sowie die zuerst gebildeten kleineren Wassertröpfchen zu dichteren und größeren Massen durch die Luft zusammenfallen. Hierzu muß aber bemerkt werden, daß nach Jordan's Ansicht nicht die Condensation als solche Elektricität erregt; die Reibung, welche bei allen diesen Processen unvermeidlich ist, soll die atmosphärische Elektricität erzeugen. Jene Elektricität, welche etwa an der Erdoberfläche erregt wird, sei aber verschwindend gegen jene der Atmosphäre, sie zerstreut sich sofort auf den ganzen leitenden Erdkörper und werde dadurch in ihrer Intensität sehr geschwächt. Die Träger der atmosphärischen Elektricität sind die Wassertheilchen, welche in die höheren Luftschichten aufsteigen und dadurch ihre elektrische Ladung gegen Zerstreuung schützen. Von der Erde trennt die an Wassertheilchen reiche Luft die nichtleitende trockene Luft- (Sauerstoff-, Stickstoff-) Schichte, welche sich zwischen

der Erde und den Wassertheilchen befindet, und gegen Zerstreuung in den Weltraum ist die Elektricität durch Mangel an Materie geschützt.

Unter den verschiedenen Reibungsvorgängen, welche in der Natur stattfinden, ist es nach Jordan in erster Linie die Reibung der Wassertheilchen gegen die Luft, wodurch die atmosphärische Elektricität erregt wird. Hierbei sollen die Wassertheilchen positiv, die Luft negativ elektrisch werden. Die Stärke der Elektricitätsbewegung wird einerseits durch die Menge des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes, also durch die Stärke der Verdampfung irdischer Gewässer und andererseits durch die Stärke und Dauer der Bewegung, welche die Wassertheilchen in der Luft machen, bestimmt. Da nun die Luft fast immer Wasserdämpfe enthält, und diese vermöge ihrer Leitungsfähigkeit ihre positive elektrische Ladung leicht wieder an andere leitende Körper abgeben, so ist es begreiflich, daß unsere Instrumente fast immer positive Elektricität anzeigen. Die schlecht leitende (trockene) Luft behält hingegen ihre negative Ladung und diese kann daher mit dem Elektrometer nicht nachgewiesen werden. Wie stimmt aber diese Theorie zu der anerkannten Thatsache, daß die atmosphärische Elektricität im Sommer am schwächsten und im Winter am stärksten ist? Im Sommer besitzt die Luft allerdings den größten Wassergehalt, aber dieser Wassergehalt befindet sich, meint Jordan, nur in den oberen Luftschichten, da im Sommer die infolge der Wärme aufsteigenden Luftströme den Wasserdampf größtentheils in die Höhe führen und der in der unteren Schicht befindliche Wasserdampf mehr trockener Natur ist, also einen schlechten Elektricitätsleiter bildet; im Winter hingegen sind die unteren Schichten mit mehr nassen (condensirten) Dämpfen erfüllt, die als gute Leiter der Elektricität, diese den Instrumenten reichlicher zuführen. Wo aber große Wolkenmassen und gleichzeitig starke Bewegungen zusammentreffen, was vorzüglich im Sommer stattfindet, muß auch die Elektricität im stärkeren Maße auftreten und daher werden auch Gewitter häufiger in der warmen Jahreszeit beobachtet.

Ueber das weitere Verhalten der negativ elektrischen Ladung der Luft hat sich Jordan nachstehende Erklärung gebildet. Die Luft kann als Isolator ihre Ladung nicht direct an die Erde abgeben, sondern nur durch Vermittlung eines Leiters verlieren. Einen solchen bildet das Wasser in Form von Regen, Nebel oder Thau. Die von der Erde aufsteigenden Wasserdämpfe entziehen der Luft ihre negative Elektricität und führen sie in höhere Regionen, wo sie negativ elektrische Wolken bilden können, oder sie geben die negative Elektricität an die Erde ab, wenn sie als Regen, Thau oder Nebel fallen. Ueberdies werden auch vielfache Ausgleichsprocesse eintreten zwischen den durch Reibung positiv elektrisirten Wasserdämpfen und jenen Dämpfen,

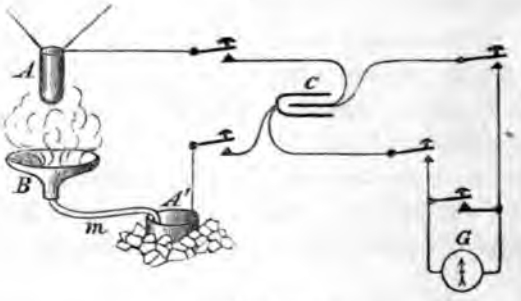
welche der Luft die negative Elektricität entzogen haben. Auch die imposanten elektrischen Erscheinungen bei Gewittern finden eine einfache Erklärung. Die durch Reibung elektrisirten Wasserdämpfe condensiren sich und vergrößern dadurch die elektrische Spannung, weil nun durch das Zusammentreten der einzelnen Wassertheilchen eine Volums- und Oberflächenverkleinerung eintritt; bei fortschreitender Condensation, d. h. bei lebhafter Wolkenbildung, welche ja stets bei Gewittern stattfindet, vereinigen sich immer mehrere kleinere Wassertröpfchen zu größeren, wodurch abermals aus dem oben angegebenen Grunde eine Erhöhung der elektrischen Spannung erfolgen muß. Je dichter die Wolken werden, desto höher steigt die Spannung und kann, wenn die Condensation rasch genug erfolgt, um Verluste durch Zerstreuung oder Ausgleichung der positiven Ladung mit der negativen Ladung der Luft zu vermeiden, bis zur Blitzbildung fortschreiten, sobald die Wolke einem für die Entladung geeigneten Objecte genügend nahe kommt.

Wie Jordan, ebenso tritt auch Tromelin dafür ein, daß die atmosphärische Elektricität ihr Entstehen der Reibung zu verdanken habe. Nicht durch die Verdampfung an und für sich soll Elektricität erzeugt werden, sondern durch die Verdampfung bei starkem Winde, wo die hierbei unvermeidliche Reibung elektrisch erregend wirkt. Gerade so wie bei der Dampfelektrisirmaschine nur dann Elektricität hervorgerufen wird, wenn der ausströmende Dampf naß ist, ebenso entsteht in der Natur auch dann nur Elektricität, wenn feuchte Luft sich an der Erdoberfläche reibt. Hiernach soll aber namentlich in der Gegend der Passatwinde Elektricität in ganz bedeutendem Maße erregt werden. Die Steigerung der elektrischen Spannung bis zur Lichtentwicklung in Form von Wetterleuchten, Blitz u. s. w. erklärt Tromelin in derselben Weise wie Jordan.

In der Reibung feuchter Luft gegen die Erde oder gegen trockene Luft erblickt auch Hoppe jene Processe, welchen die atmosphärische Elektricität ihr Entstehen verdankt, und sucht dies durch Experimente zu beweisen. Er stellte unter den Recipienten einer Luftpumpe ein mit Wasser gefülltes Gefäß und brachte oberhalb desselben (und natürlich zugleich innerhalb des Recipienten) eine Metallplatte an, die mit einem Elektrometer in leitende Verbindung gesetzt wurde. Nachdem die Luft unter dem Recipienten auf einen gewissen Grad verdünnt war, begann eine stürmische Wasserverdampfung; trotzdem gab das Elektrometer keinerlei Anzeichen von Elektricität. Solche werden jedoch stets beobachtet, wenn man in den Recipienten etwas Staub oder Tabakrauch brachte, also gewissermaßen einen künstlichen Nebel erregte, oder wenn das Wassergefäß während des Experimentes mit einem Schwamme bedeckt war. Um sich zu versichern, daß die hierbei auftretende Elektricität der Reibung

aufgeſtelltes Verdampfungsgefäß aus Glas. Die Erwärmung desſelben (gewöhnlich auf 30 Grad Celſius) erfolgt durch irgend eine Wärmequelle, deren Strahlen durch einen Reflector auf B geleitet werden. Das Gefäß iſt unten mit einem röhrenartigen Anſatze verſehen, durch welchen unter Vermittlung eines Korkes der Baumwolldocht m eingeführt wird; innerhalb des Gefäßes dreht man das Dochtende auf. Mit ſeinem unteren Ende ragt der Docht in die Platinſchale A' hinein, welche durch Eis oder kaltes Waſſer gekühlt wird, je nachdem man in A Eis oder kaltes Waſſer bringt. Den Docht m tränkt man mit reinem deſtillirten Waſſer und bringt von dieſem auch einige Tropfen in die Schale A', um die Continuität des Kreiſes nicht zu unterbrechen. A und A' ſtehen durch Platindrähte mit Stromſchlüſſeln in Verbindung,

Fig. 89.



Larroque's Verſuch.

von welchen aus Drähte zu der einen, beziehungsweiſe anderen Belegung eines Condenſators C führen. Die Condenſatorbelegungen ſind andererſeits mit den Klemmen eines Galvanometers G verbunden. Bei dieſer Anordnung

destillirtem Wasser getränkt. Bei allen diesen Substanzen gab nur die Anwendung von Ziegel oder Granit ein positives Resultat. Das Galvanometer gab hierbei einen Ausschlag von 1—2 Millimeter, wenn der Condensator durch dasselbe entladen wurde, und ließ den condensirten Wasserdampf als positiv elektrisch erkennen. Der Ausschlag des Galvanometers stieg jedoch auf 5 Millimeter, als die feuchte Ziegelmasse im Gefäße B auf 60 Grad erwärmt wurde.

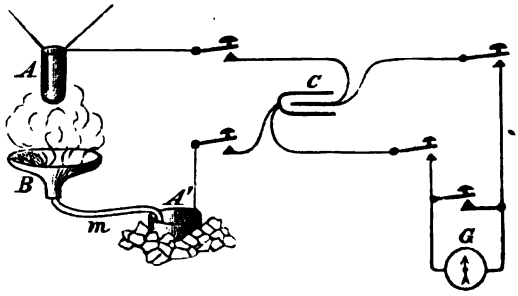
Bedeutend günstigere Resultate wurden jedoch erhalten, wenn bei der Verdampfung des Wassers chemische Verbindungen ins Spiel kamen. So wurde z. B. schon bei Anwendung gewöhnlichen Wassers an Stelle des reinen destillirten und bei Erwärmung auf 30 Grad ein Galvanometerausschlag von 6 Millimeter veranlaßt. Kam Meerwasser zur Verwendung, so wurde die Ladung des Condensators so bedeutend, daß eine Entladung desselben durch das Galvanometer gar nicht in voller Stärke geleitet werden durfte, wenn man den Ausschlag noch beobachten wollte; die Ladung wurde vielmehr durch einen entgegengesetzt geschalteten Condensator erst auf die Hälfte abgeschwächt. Trotzdem erhielt Larroque Ausschläge bis zu 37 Millimeter. Als Vorzeichen für die Elektricität des condensirten Wasserdampfes ergab sich das positive. Ueberhaupt erwies sich der Wasserdampf bei Anwendung der meisten Erdarten als positiv elektrisch. Ackererde, erdiger Sand gaben mit Thonerde die besten Resultate. Das Galvanometer zeigte, ohne Abschwächung der Condensatorladungen, Ausschläge von 15 bis 39 Millimeter.

Larroque hält durch diese Versuche für bewiesen, daß der sich aus chemischen Verbindungen von der Erdoberfläche loslösende Wasserdampf elektrisch ist und ebenso, daß die vom Meere aufsteigenden Dämpfe bedeutende Quantitäten von Elektricität mit sich in die Höhe führen; hierbei sind die Wasserdämpfe gewöhnlich positiv elektrisch.

Will man die Entstehung der atmosphärischen Elektricität auf Reibungsprocesse zurückgeführt wissen, so stehen übrigens für diese Hypothese, wie bereits weiter oben erwähnt, auch noch andere Vorgänge in der Natur zur Verfügung: Wasserdampf oder Wassertröpfchen gegen die Erdoberfläche, Wasserdampf oder Wassertröpfchen gegen Luft, Wasserdampf gegen Wassertröpfchen; diese Vorgänge wurden bereits soweit als thunlich berücksichtigt, dagegen erübrigt uns noch die Untersuchung, ob nicht auch die Reibung von Wasser gegen Eis vielleicht imstande sein könnte, das Auftreten und die Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität zu erklären. Diese Möglichkeit suchten unter Anderen Luvini, Sohncke und Brooks darzuthun. Die experimentelle Grundlage hierfür wurde bereits von Faraday geschaffen. Faraday ließ nämlich gewöhnliche (d. h. nicht getrocknete) Luft gegen ein Eisstück strömen und fand, daß hierbei das Eisstück stets positiv elektrisch wurde. Er erhielt hingegen ein

aufgestelltes Verdampfungsgefäß aus Glas. Die Erwärmung desselben (gewöhnlich auf 30 Grad Celsius) erfolgt durch irgend eine Wärmequelle, deren Strahlen durch einen Reflector auf B geleitet werden. Das Gefäß ist unten mit einem röhrenartigen Ansatze versehen, durch welchen unter Vermittlung eines Korkes der Baumwolldocht m eingeführt wird; innerhalb des Gefäßes dreht man das Dochtende auf. Mit seinem unteren Ende ragt der Docht in die Platinschale A' hinein, welche durch Eis oder kaltes Wasser gekühlt wird, je nachdem man in A Eis oder kaltes Wasser bringt. Den Docht m tränkt man mit reinem destillirten Wasser und bringt von diesem auch einige Tropfen in die Schale A', um die Continuität des Kreises nicht zu unterbrechen. A und A' stehen durch Platindrähte mit Stromschlüsseln in Verbindung,

Fig. 89.



Larroque's Versuch.

von welchen aus Drähte zu der einen, beziehungsweise anderen Belegung eines Condensators C führen. Die Condensatorbelegungen sind andererseits mit den Klemmen eines Galvanometers G verbunden. Bei dieser Anordnung ist nicht zu besorgen, daß etwa aus der umgebenden Luft sich niederschlagender Wasserdampf das Experiment beeinflussen könnte, denn dieser Wasserdampf würde sich auf A unter ganz denselben Bedingungen niederschlagen, wie auf A', daher A und A' höchstens mit Elektricität gleichen Vorzeichens laden; dem Condensator C würden dann auf beiden Belegungen gleichnamige Elektricitäten zugeführt, wodurch derselbe, wie bekannt, nicht geladen werden kann. Wird hingegen aus dem Gefäße B Dampf entwickelt, dann kann allerdings eine Ladung des Condensators erfolgen.

Die erste Serie von Versuchen, die in dieser Weise durchgeführt wurde, bezog sich auf Verdampfung aus mechanischen Gemengen. Es wurden zu diesem Behufe in das Gefäß B indifferente Substanzen, wie Ziegel- oder Glaspulver, zerkleinerter Marmor, Granit, wohl auch Sand gebracht und mit

destillirtem Wasser getränkt. Bei allen diesen Substanzen gab nur die Anwendung von Ziegel oder Granit ein positives Resultat. Das Galvanometer gab hierbei einen Ausschlag von 1—2 Millimeter, wenn der Condensator durch dasselbe entladen wurde, und ließ den condensirten Wasserdampf als positiv elektrisch erkennen. Der Ausschlag des Galvanometers stieg jedoch auf 5 Millimeter, als die feuchte Ziegelmasse im Gefäße B auf 60 Grad erwärmt wurde.

Bedeutend günstigere Resultate wurden jedoch erhalten, wenn bei der Verdampfung des Wassers chemische Verbindungen ins Spiel kamen. So wurde z. B. schon bei Anwendung gewöhnlichen Wassers an Stelle des reinen destillirten und bei Erwärmung auf 30 Grad ein Galvanometerausschlag von 6 Millimeter veranlaßt. Kam Meerwasser zur Verwendung, so wurde die Ladung des Condensators so bedeutend, daß eine Entladung desselben durch das Galvanometer gar nicht in voller Stärke geleitet werden durfte, wenn man den Ausschlag noch beobachten wollte; die Ladung wurde vielmehr durch einen entgegengesetzt geschalteten Condensator erst auf die Hälfte abgeschwächt. Trotzdem erhielt Larroque Ausschläge bis zu 37 Millimeter. Als Vorzeichen für die Elektricität des condensirten Wasserdampfes ergab sich das positive. Ueberhaupt erwies sich der Wasserdampf bei Anwendung der meisten Erdarten als positiv elektrisch. Ackererde, erdiger Sand gaben mit Thonerde die besten Resultate. Das Galvanometer zeigte, ohne Abschwächung der Condensatorladungen, Ausschläge von 15 bis 39 Millimeter.

Larroque hält durch diese Versuche für bewiesen, daß der sich aus chemischen Verbindungen von der Erdoberfläche loslösende Wasserdampf elektrisch ist und ebenso, daß die vom Meere aufsteigenden Dämpfe bedeutende Quantitäten von Elektricität mit sich in die Höhe führen; hierbei sind die Wasserdämpfe gewöhnlich positiv elektrisch.

Will man die Entstehung der atmosphärischen Elektricität auf Reibungsprocesse zurückgeführt wissen, so stehen übrigens für diese Hypothese, wie bereits weiter oben erwähnt, auch noch andere Vorgänge in der Natur zur Verfügung: Wasserdampf oder Wassertröpfchen gegen die Erdoberfläche, Wasserdampf oder Wassertröpfchen gegen Luft, Wasserdampf gegen Wassertröpfchen; diese Vorgänge wurden bereits soweit als thunlich berücksichtigt, dagegen erübrigt uns noch die Untersuchung, ob nicht auch die Reibung von Wasser gegen Eis vielleicht imstande sein könnte, das Auftreten und die Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität zu erklären. Diese Möglichkeit suchten unter Anderen Luvini, Sohncke und Brooks darzuthun. Die experimentelle Grundlage hierfür wurde bereits von Faraday geschaffen. Faraday ließ nämlich gewöhnliche (d. h. nicht getrocknete) Luft gegen ein Eisstück strömen und fand, daß hierbei das Eisstück stets positiv elektrisch wurde. Er erhielt hingegen ein

negatives Resultat, wenn das Eisstück durch Holz oder Metall ersetzt wurde; kam jedoch getrocknete Luft zur Anwendung, so gelang es in keinem Falle, Elektricität zu erregen. Faraday führte ferner Schwefelpulver (Schwefelblumen) durch einen Luftstrom gegen Kegel aus Kupfer, Holz oder Schwefel und erhielt dabei stets eine negative Elektrisirung des Kegels. Aus diesen Versuchen ergibt sich also, daß Eis, Holz u. s. w. elektrisch werden durch Reibung mit feuchter Luft, nicht aber durch Reibung mit trockener Luft, und auf dieses Ergebniß hat Luvini seine Theorie der atmosphärischen Elektricität aufgebaut. Ebenso hat auch Sohncke, der Faraday's Versuche wiederholte und deren Ergebnisse bestätigte, seine Theorie darauf gegründet.

Die Luft ist nie vollkommen ruhig, sagt Luvini, und enthält in einer gewissen Höhe über der Erde stets sehr feine Eistheilchen oder Eisnadeln. In den warmen Ländern befindet sich diese mit Eisnadeln erfüllte Luftschichte in größerer, in den kalten Ländern in geringerer Höhe über der Erdoberfläche; ferner ändert sich die Höhe für einen und denselben Landstrich entsprechend der Jahreszeit. Die atmosphärische Elektricität verdankt ihren Ursprung der Reibung dieser Eisnadeln gegen die feuchte Luft. Daß Eistheilchen durch Reibung gegen feuchte Luft thatsächlich elektrisch werden, ergibt sich nicht nur aus den eben besprochenen Experimenten, sondern auch aus verschiedenen Beobachtungen. So hat man z. B. frisch gefallenen Schnee wiederholt als positiv elektrisch befunden; es ist sogar vorgekommen, daß Reisende bei sehr starken Schneefällen Funken aus ihren Regenschirmen, Hüten oder Kleidern ziehen konnten. Colladon, Melsens u. A. beobachteten, daß Hagelkörner nach ihrem Falle auf das Straßenpflaster daselbst einige Augenblicke liegen bleiben, dann einen Sprung oder auch mehrere Sprünge machen, nach Art des elektrischen Kugelspieles. Eine Hauptstütze seiner Theorie erblickt aber Luvini in Beobachtungen, welche von Winthrop (mitgetheilt in einem Briefe an Franklin) gemacht wurden. Winthrop hatte sich auf seinem Hause Metallspitzen errichten lassen und diese durch eine Leitung mit einem elektrischen Glockenspiele in seinem Zimmer verbunden. Dieses Glockenspiel ermangelte im Sommer nie, heranziehende Gewitter anzuzeigen; es blieb hingegen stumm, wenn Regen eintrat. Im Winter tönte es zuweilen bei Schneefällen. Bemerkenswert war aber folgendes Verhalten: Während eines Schneefalles blieben die Glocken vollkommen stumm; am nächsten Tage heiterte sich der Himmel aus, aber es trat infolge eines starken Windes ein heftiges Schneewehen ein. Da tönten die Glocken, unbedeutende Unterbrechungen abgerechnet, während mehrerer Stunden und zwar mit einer Heftigkeit, wie dies vorher nie beobachtet worden war; auch konnte man zur selben Zeit ganz ansehnliche Funken aus dem Leiter ziehen.

Es wurde weiter oben behauptet, daß über jedem Lande und zu jeder Jahreszeit in größerer oder geringerer Höhe der Atmosphäre Eistheilchen vorhanden sind, ohne auf eine Begründung dieser Behauptung näher einzugehen. Dies soll nun an dieser Stelle nachgeholt werden. Sohncke, der gleichfalls in der Reibung zwischen Eis- und Wassertheilchen die Quelle der atmosphärischen Elektricität erkannt wissen will, hat zur Begründung dieser seiner Ansicht zunächst die Temperaturverhältnisse in größeren Höhen einer eingehenden Untersuchung unterworfen und ist hierbei zu dem Resultate gelangt, daß man selbst im Sommer schon in verhältnißmäßig geringer Höhe auf Luftschichten trifft, welche eine Temperatur von 0 Grad besitzen. Die Höhe, in welcher man den Gefrierpunkt erreicht, ändert sich merklich mit der Tageszeit; die Temperatur nimmt an Gewittertagen fast immer schneller nach oben hin ab als an gewitterfreien Tagen. Kann man allerdings schon hieraus mit ziemlicher Sicherheit den Schluß ziehen, daß die Eistheilchen, welche sowohl Luvini als auch Sohncke in höheren Luftregionen annimmt, daselbst thatsächlich vorhanden sind, so mögen hier doch noch einige von Sohncke angeführte directe Beobachtungen solcher Eis- oder Schneekrystalle in jener Höhe mitgetheilt werden.

Am 26. Juni 1863 stieg Glaisher mit seinem Luftballon um 1 Uhr Mittags bei starkem West-Süd-West-Winde und sehr bewölktem Himmel auf. Durch abwechselnde Schichten von Nebel und feinem Regen gelangte er höher als 7000 Meter, ohne noch das Gewölk überschritten zu haben. Beim Abstieg traf er in 4327 Meter Höhe auf Schnee und gerieth bei 4235 Meter in einen Schneesturm. Bis unter 3300 Meter herab war die Luft voll Schneekrystalle.

Am 4. Juli 1875 Abends nach 6 Uhr traf W. de Fonvielle in 3450 Meter Höhe große Eisnadeln und feine Schneeflöckchen; in 3550 Meter Höhe überzog sich die Flagge mit dichtem Reif, und das am Tauwerke ablaufende Wasser veranlaßte die Bildung langer Eiszapfen. Bei 2880 Meter hörte das Schneien auf und es begann zu regnen.

Am 27. Juli 1850 stiegen Barral und Bixio um 4 Uhr Nachmittags bei ganz bedecktem Himmel auf, nachdem es stark geregnet hatte. Oberhalb 6300 Meter fielen feine Eisnadeln, beim Aufschlagen auf das offene Notizbuch ein Knistern verursachend. Beim Abstieg wurden in 4500 Meter wieder kleine Eisnadeln getroffen.

Eiswolken und Wasserwolken verrathen die Verschiedenheit ihrer inneren Natur nicht nur durch die Verschiedenheit ihres Aussehens als Federwolken im ersten und Haufwolken im letzteren Falle, sondern auch durch die von ihnen veranlaßte Bildung von Höfen um Sonne und Mond. Man unter-

scheidet Höfe großer Art oder Ringe und Höfe kleiner Art oder Höfe schlechtweg. Letztere entstehen beim Durchgange des Lichtes durch die Zwischenräume zwischen kleinen Kügelchen von gleicher Größe und zählen zu den sogenannten Beugungserscheinungen. Höfe dieser Art beobachtet man ebensowohl um eine Gasflamme, wenn sich zwischen ihr und dem Auge z. B. eine stark angelaufene (mit Wasserdampf beschlagene) Fensterscheibe befindet, als an Sonne oder Mond bei Dazwischenkunft einer nicht zu dichten Wasserwolke. Wird jedoch die Sonne oder der Mond durch Eiswolken bedeckt, so entstehen Höfe großer Art oder Ringe. Nach den Forschungen verschiedener Gelehrter, worauf hier näher einzugehen zu weit führen würde, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Ringe von Sonne und Mond thatsächlich durch Brechung des Lichtes in Eiskrystallen, welche in der Luft schweben, hervorgerufen werden. Diese Erscheinungen, die von aufmerksamen Forschern sehr häufig beobachtet werden, beweisen im Vereine mit den vorhin erzählten Beobachtungen mit hinlänglicher Sicherheit das Vorhandensein von Eisnadeln in den höheren Schichten der Atmosphäre.

Nimmt man mit Luvini die positive Elektrisirung dieser Eisnadeln durch Reibung an, so finden die täglichen und jährlichen Perioden der atmosphärischen Elektricität folgende Erklärung. Man wird mit den verschiedenen Instrumenten stärkere atmosphärische Elektricität nachweisen, wenn die Eisnadeln bei gleichbleibender elektrischer Ladung tiefer, also der Erde näher schweben, als wenn sie sich in höheren Regionen befinden. Die atmosphärische Elektricität muß daher in der Regel stärker in der Nacht als am Tage, im Winter als im Sommer gefunden werden. Gleichbleibende Höhe der Eisnadeln vorausgesetzt, muß eine Zunahme der atmosphärischen Elektricität durch das Elektrometer angezeigt werden mit der Erhebung desselben über der Erdoberfläche. Daß sich nach Luvini's Theorie die atmosphärische Elektricität auch ändern muß bei Aenderung des Windes und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, ist selbstverständlich.

Ebenso wie sich die Eistheilchen durch die Reibung mit positiver Elektricität laden, in gleichem Maße müssen die Wassertheilchen negative Elektricität annehmen. Wenn trotzdem die Beobachtungen die atmosphärische Elektricität überwiegend als positiv erkennen lassen, so sieht Luvini die Ursache dieser Erscheinung darin, daß der negativen Ladung der Wassertheilchen viel mehr Gelegenheit zu Verlusten durch Zerstreuung geboten wird als der positiven Ladung der Eisnadeln. Schlagen sich die Wassertheilchen in irgend einer Form auf der Erde nieder, so geben sie ihre negative Elektricität an die Erde ab, gelangen sie in höhere Regionen, wo die Luft bereits so verdünnt ist, daß sie leitend wird, so verlieren sie durch diesen Umstand ihre Ladung. Allerdings

ist aber auch der Fall nicht ausgeschlossen, daß die Wassertheilchen selbst zu Eisnadeln werden und dann negativ elektrische Eiswolken bilden, wie auch umgekehrt die Eiswolken in wärmeren Regionen sich in Wasserwolken verwandeln oder ganz verdampfen können, in welchem Falle sie dann ihre positive Ladung mit der negativen Ladung der Wassertheilchen ganz oder theilweise ausgleichen werden.

Ohne auf die weiteren Details der Luvini'schen Theorie der atmosphärischen Elektricität näher einzugehen, soll nur noch kurz angedeutet werden, wie sich Luvini die Entstehung der Gewitter vorstellt. Ein Gewitter ist die Zusammenwirkung zweier Factoren, nämlich: 1. Einer Luftmasse, gesättigt mit einer hinlänglichen Menge von Wasserdampf in jener Region, in welcher sich die Gewitter bilden, und 2. einer oder mehrerer Tromben mit verticaler oder wenig geneigter Axe, die von oben aus mit einer hinlänglichen Menge von Eisnadeln in die feuchte Luft eindringen. Es ist dies dieselbe Theorie, welche Faye in verschiedenen Abhandlungen entwickelt und vertheidigt hat. Der erste Factor wird dann auftreten, wenn durch mehrere, aufeinander folgende heiße Tage eine lebhafte Verdampfung hervorgerufen worden ist; die geballten, hochaufgethürmten Gewitterwolken erscheinen dann an diesen Tagen gewöhnlich in den Nachmittagsstunden und immer an demselben Orte. Sie können Veranlassung zu einem Regen geben, ein Gewitter aber nur dann herbeiführen, wenn auch der zweite Factor mitwirkt. Dieser, also die Cyklonen, Teifune, Tornados oder Tromben, welche in unseren Gegenden glücklicherweise in der Regel sehr abgeschwächt ankommen, häufig in höheren Regionen hinwegziehen und sich nur durch eine größere oder geringere Barometerdepression kundgeben, bewirken, wenn sie als alleiniger Factor, auftreten, nur Winde und Stürme. Gewitter entstehen aber, wenn beide Factoren zusammenwirken, wenn eine Trombe, die eine große Menge Eisnadeln von sehr niedriger Temperatur mit sich führt, aus höheren Regionen herabsteigt und in mit Feuchtigkeit gesättigte Luftschichten oder Haufenwolken eindringt. Die aus höheren Luftschichten eindringenden, schwach elektrischen Eisnadeln erleiden eine heftige Reibung an dem Wasserstaube und erhalten dadurch kräftige elektrische Ladungen. Je stärker der eindringende Wind oder Wirbel ist, desto stärker wird auch die Erregung von Elektricität erfolgen und so lange andauern, als eine hinlängliche Menge von Eisnadeln in eine genügend dampfgesättigte Luftschichte hineingerissen wird.

Der Mitwirkung der Tromben, in der Art, daß durch diese die positiv elektrischen Eisnadeln aus höheren Regionen durch die Wolken herabgeführt werden, glaubt Colladon zur Erklärung der Gewitterelektricität entbehren zu können; ja er hält selbst diese von Faye aufgestellte Theorie für unvereinbar mit vielen eigenen und fremden Beobachtungen, aus welchen hervorgeht, daß

waren durchsichtig von unten nach oben bei ihrer verhältnißmäßig geringen Dicke und wurden nur dem Aëronauten sichtbar, der mit ihnen in demselben Niveau sie horizontal unter erheblicher Dicke wahrnahm.«

In solche Eiswolken treten dann die Wasserdampf führenden, aufsteigenden Luftströme ein und das gleichzeitige Vorhandensein von Eis- und Wasserwolken, die miteinander vielfach in reibende Berührung kommen, bedingt die Entstehung von Gewittern. Zu den bereits erwähnten Experimenten, welche die Thatsache erhärten, daß durch Reibung von Wassertheilchen an Eis Elektricität erregt wird, hat Sohncke in jüngster Zeit noch einige Versuche gefügt. Er verfertigte sich Capillarröhren aus Eis und ließ in diesen Wasser circuliren; hierbei zeigte das Quadranten-Elektrometer eine positive Elektrisirung des Eises und eine negative des Wassers an. Da aber dieses Experiment nicht regelmäßig gelang, ging Sohncke zu einer anderen Methode über. Er ließ einen dünnen Wasserstrahl mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 25 Meter per Secunde unter einem Winkel von 10 bis 15 Grad über eine Eisplatte gleiten. Hierbei wurde das Eis stets positiv elektrisch, während Platten aller anderen Körper, wie z. B. Glas, Achat, Gummilack u. s. w., an Stelle der Eisplatte gebracht, negativ elektrisch wurden. Aus diesen und aus den früher angegebenen Versuchen zieht Sohncke den Schluß, daß die beim Gewitterausbruche thatsächlich vorhandene heftige Bewegung von Eis- und Wassertheilchen nothwendig mit starker Elektrisirung dieser Theilchen verknüpft sein muß, und daß man also in diesen Reibungsvorgängen die wesentliche Quelle der Gewitterelektricität zu erblicken habe.

Wir verzichten darauf, hier auf weitere Theorien, wie solche von Edlund, Mühry, Becquerel, Siemens u. A. aufgestellt wurden, näher einzugehen und wollen schließlich nur noch einer Theorie erwähnen, da selbe in jüngster Zeit neuerdings einen eifrigen Vertreter gefunden hat. Es ist dies die von

Nahe verwandt der Theorie Luvini's ist, wie bereits erwähnt, jene, die von Sohncke aufgestellt wurde; auch dieser Forscher sieht in der Reibung von Eis- und Wassertheilchen die Quelle der gewöhnlichen atmosphärischen Elektricität und der Gewittererscheinungen. Wesentlich für das Zustandekommen der letzteren hält Sohncke zweierlei Umstände, nämlich: das Vorhandensein von Eisnadeln einerseits und das Aufsteigen eines Wasserdampf führenden Luftstromes andererseits. Inwieweit man berechtigt ist, die Gegenwart von Eistheilchen in den höheren Regionen anzunehmen, ist bereits weiter oben erörtert worden. Doch möge hier noch eine Beobachtung, welche Tissandier, Croce-Spinelli und Sivel auf ihrer Ballonfahrt am 15. April 1875

Fig. 90.

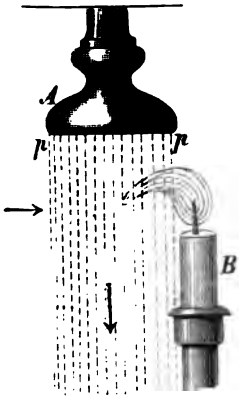
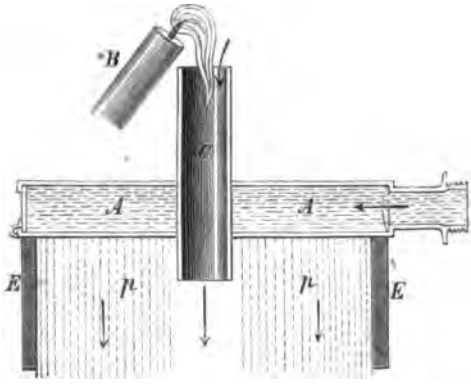


Fig. 91.



Colladon's Experimente.

machten, Erwähnung finden, weil sie zeigt, daß Eiskrystalle in den höheren Luftregionen auch existiren können, ohne die Klarheit des Himmels für den Beobachter auf der Erde zu trüben. Die Luftfahrer, in einer Höhe von 4500 Meter angelangt, bemerkten um sich einen weiten Kreis jener zarten, bald aus parallel nebeneinander, bald aus mannigfach verzweigten und durch einander verwirrten Fasern bestehenden Wolken, die man gewöhnlich als Cirri bezeichnet. »Letztere nahmen bis 8000 Meter Höhe an Dicke zu,« lautet der Bericht, »und boten den Anblick compacter Massen von einem blendenden Silberweiß. Indessen in diesem Augenblicke war der Himmel klar und durchsichtig für Beobachter an der Erdoberfläche, wie mir mehrere Briefe von Beobachtern des Departements Loiret bewiesen haben, oberhalb dessen der Ballon in dem Augenblicke schwebte, als er seine größte Höhe, 8600 Meter erreichte. Diese Wolken, aus sehr vereinzelt schwebenden Eiskrystallen gebildet,

Ein directer Nachweis der Erdströme wurde in der That bereits von dem italienischen Gelehrten Matteucci, gleichfalls einem Anhänger der Peltier'schen Theorie der atmosphärischen Elektricität, versucht. Es wurde zu diesem Behufe ein hochgelegener Punkt der Erdoberfläche mit einem tiefgelegenen durch einen Telegraphendraht verbunden und bei Anwendung aller möglichen Vorsichten zum Ausschlusse fremdartiger elektrischer Einwirkungen das elektrische Verhalten des Drahtes untersucht. Matteucci konnte hierbei im letzteren stets einen Strom nachweisen. Diese Beobachtung solcher Verschiebungen elektrischer Ladungen an der Erdoberfläche, d. h. also der Erdströme, steht aber durchaus nicht vereinzelt da; man hat denselben vielmehr, namentlich in neuerer Zeit, große Aufmerksamkeit geschenkt und zwar umsomehr, als sich mit der größeren Ausbreitung der unterirdischen Telegraphenlinien ein genaueres Studium derselben im Interesse des praktischen Betriebes solcher Linien als sehr wünschenswert erwies; andererseits ist es aber eben auch die fortschreitende Vermehrung unterirdischer Linien, welche derlei sowohl theoretisch als auch praktisch wichtige Studien ungemein erleichtert. Müssen wir uns auch ein näheres Eingehen hierauf an dieser Stelle versagen, so möge hier doch erwähnt werden, daß Lemström nicht nur elektrische Strömungen in der Erde annimmt, sondern auch die elektrischen Vorgänge in der Luft bei heiterem Wetter als Ströme auffaßt. Der Nachweis eines von der Luft zur Erde fließenden Stromes wurde von der Sodankylae-Expedition (1882—1883) erbracht und hierüber Nachstehendes (in der Berliner »Elektrotechn. Zeitschrift«) berichtet. Der Gipfel des 1000 Fuß hohen bei Sodankylae gelegenen Orantuturi wurde mit einem aus zugespitzten Leitern bestehenden, großen Leitungsapparat überzogen. Dieser war mit der Erde durch einen Draht verbunden, welcher zu einer in Wasser getauchten Zinkplatte führte. In die Leitung war ein Galvanometer eingeschaltet, durch welches die Stärke des Stromes gemessen wurde. Da man gegen jene Versuche den Einwand erheben konnte, der Strom könne ganz oder theilweise in der an der Zinkplatte auftretenden elektromotorischen Kraft seine Ursache haben, so wurden neue einwurfsfreiere Versuche angestellt. Auf dem 130 Meter hohen Berge Komattivara, welcher 6 Kilometer von Sodankylae entfernt ist, wurde ein 364 Quadratmeter bedeckender Entladungsapparat aufgestellt, welcher ganz auf Mascart'schen Isolatoren (mit Schwefelsäure) ruhte. Dieser Entladungsapparat bestand aus einem Netze von Eisendrähten mit 0·5 Meter hohen Spitzen. Die Quadratseiten des Netzes waren 1·5 Meter. Ein Draht führte vom Entladungsapparate durch ein Galvanometer zu einer in die Erde versenkten Zinkplatte. In gleicher Weise wurden auch in Kultala und auf dem Berge Pietarintunturi in verschiedenen Höhen und zwar in erstens 324 Meter, zweitens 334 Meter, drittens 246 Meter und viertens 253 Meter

zahlreicher Beobachtungen nachzuweisen und müssen wir diesbezüglich auch auf diese Arbeit selbst verweisen.

Wie in einem früheren Abschnitte gezeigt wurde, ist die Vertheilung der Elektricität auf einer Kugel eine vollständig gleichmäßige; dies müßte auch für die Erde zutreffen, wenn letztere als eine Kugel von glatter Oberfläche gelten könnte. Nun werden zwar Bergspitzen, Kirchthürme und so weiter allerdings zu unbedeutend im Verhältniß zum Erddurchmesser erscheinen, um die Auffassung der Erde als eine Kugel mit glatter Oberfläche im Vorhinein verwerfen zu müssen, doch wird andererseits diese Auffassung unbedingt unzulässig, sobald außer den genannten Unebenheiten der Erdoberfläche auch noch die theilweise Bedeckung derselben durch Wolken in Betracht zu ziehen ist. Dann kann man sich die negative Elektricität der Erde wohl als unveränderlich in ihrer Gesammtheit vorstellen, nicht aber in Bezug auf ihre Vertheilung. Stehen Dunstmassen oder Wolken mit der Erde in Berührung, so geht negative Elektricität von der Oberfläche der letzteren auf die erstere über; schweben die Wolken hingegen ohne jede Verbindung, also isolirt über der Erde, so wird letztere durch Influenz auf die Wolken wirken und somit können diese verschiedenartige elektrische Ladungen erhalten, je nachdem letztere durch Mittheilung oder durch Influenz zustande kommen. Hiernach muß aber auch der elektrische Zustand auf der betreffenden Stelle der Erdoberfläche ein verschiedener werden. Aber nicht allein die bereits formirte Wolke wird derlei Veränderungen bewirken, sondern auch durch den Bildungsvorgang selbst müssen solche hervorgerufen werden. Durch den Verdampfungsproceß lösen sich beständig Wassertheilchen von der Erdoberfläche los und diese Theilchen nehmen, wie weiter oben (S. 188) gezeigt wurde, einen Theil der elektrischen Ladung mit; sammeln sich also solche elektrische Wassermassen über der Erdoberfläche an, so muß an dieser Stelle derselben die Ladung abnehmen, gegebenen Falles auch gleich Null werden oder im weiteren Verlaufe sogar in eine Ladung von entgegengesetztem Vorzeichen übergehen. Mit dieser Veränderung des elektrischen Zustandes einer Theiles der Erdoberfläche ist aber der Proceß nicht zu Ende. Wird einer Kugel Elektricität mitgetheilt, so vertheilt sich dieselbe gleichförmig über die ganze Kugeloberfläche und ist dann im Gleichgewichte; führt man einer solchen Kugel neuerdings Elektricität zu oder entzieht man ihr einen Theil der ursprünglichen Ladung, so stellt sich das Gleichgewicht neuerdings durch eine entsprechende gleichmäßige Vertheilung über die ganze Oberfläche wieder her. Wird der Erde in der eben angedeuteten Weise Elektricität an einer Stelle entzogen, so muß durch Zufließen der Elektricität von den umgebenden Stellen eine neuerliche Ausgleichung erfolgen. Man muß also auf der Erdoberfläche elektrische Ströme, sogenannte Erdströme, nachweisen können.

Ein directer Nachweis der Erdströme wurde in der That bereits von dem italienischen Gelehrten Mateucci, gleichfalls einem Anhänger der Peltier'schen Theorie der atmosphärischen Elektricität, versucht. Es wurde zu diesem Behufe ein hochgelegener Punkt der Erdoberfläche mit einem tiefgelegenen durch einen Telegraphendraht verbunden und bei Anwendung aller möglichen Vorsichten zum Ausschlusse fremdartiger elektrischer Einwirkungen das elektrische Verhalten des Drahtes untersucht. Mateucci konnte hierbei im letzteren stets einen Strom nachweisen. Diese Beobachtung solcher Verschiebungen elektrischer Ladungen an der Erdoberfläche, d. h. also der Erdströme, steht aber durchaus nicht vereinzelt da; man hat denselben vielmehr, namentlich in neuerer Zeit, große Aufmerksamkeit geschenkt und zwar umsomehr, als sich mit der größeren Ausbreitung der unterirdischen Telegraphenlinien ein genaueres Studium derselben im Interesse des praktischen Betriebes solcher Linien als sehr wünschenswert erwies; andererseits ist es aber eben auch die fortschreitende Vermehrung unterirdischer Linien, welche derlei sowohl theoretisch als auch praktisch wichtige Studien ungemein erleichtert. Müssen wir uns auch ein näheres Eingehen hierauf an dieser Stelle versagen, so möge hier doch erwähnt werden, daß Lemström nicht nur elektrische Strömungen in der Erde annimmt, sondern auch die elektrischen Vorgänge in der Luft bei heiterem Wetter als Ströme auffaßt. Der Nachweis eines von der Luft zur Erde fließenden Stromes wurde von der Sodankylae-Expedition (1882—1883) erbracht und hierüber Nachstehendes (in der Berliner »Elektrotechn. Zeitschrift«) berichtet. Der Gipfel des 1000 Fuß hohen bei Sodankylae gelegenen Orantuturi wurde mit einem aus zugespitzten Leitern bestehenden, großen Leitungsapparat überzogen. Dieser war mit der Erde durch einen Draht verbunden, welcher zu einer in Wasser getauchten Zinkplatte führte. In die Leitung war ein Galvanometer eingeschaltet, durch welches die Stärke des Stromes gemessen wurde. Da man gegen jene Versuche den Einwand erheben konnte, der Strom könne ganz oder theilweise in der an der Zinkplatte auftretenden elektromotorischen Kraft seine Ursache haben, so wurden neue einwurfsfreiere Versuche angestellt. Auf dem 130 Meter hohen Berge Komattivara, welcher 6 Kilometer von Sodankylae entfernt ist, wurde ein 364 Quadratmeter bedeckender Entladungsapparat aufgestellt, welcher ganz auf Mascart'schen Isolatoren (mit Schwefelsäure) ruhte. Dieser Entladungsapparat bestand aus einem Netze von Eisendrähten mit 0·5 Meter hohen Spitzen. Die Quadratseiten des Netzes waren 1·5 Meter. Ein Draht führte vom Entladungsapparate durch ein Galvanometer zu einer in die Erde versenkten Zinkplatte. In gleicher Weise wurden auch in Kultala und auf dem Berge Pietarintunturi in verschiedenen Höhen und zwar in erstens 324 Meter, zweitens 334 Meter, drittens 246 Meter und viertens 253 Meter

vier verschiedene, ähnlich eingerichtete Entladungsapparate aufgestellt. Die Entfernung zwischen I und II betrug 349 Meter. Die Beobachtungen lieferten aber folgende Resultate:

Zwei Entladungsapparate in gleichen Höhen geben keinen Strom.

Zwischen den Apparaten II und I floß der Strom in der Richtung von oben nach unten durch die Luft.

Ganz nahe der Erde befindet sich eine mit positiver Elektricität geladene Luftschichte; die Spannung nimmt von der Erde aus bis zu einem Minimum ab, um dann wieder mit der Höhe zu wachsen.

Von der Schichte an, welche nur einige Fuß über der Erde liegt, wächst die Spannung wahrscheinlich rascher als die Höhe.

Mit lebhaftem Interesse darf man auch jenen Versuchen entgegensehen, welche über Veranlassung des Berliner Elektrotechnischen Vereines von Leonhard Weber im Sommer 1886 begonnen wurden und Lemström's Ansicht zu bekräftigen scheinen. Aus den bisher ausgeführten Versuchen ergab sich bereits, daß galvanische Messungen angewandt werden können, um die zu Zeiten eines Gewitters aus Blitzableiterspitzen fließenden Ströme zu messen. Bezüglich des bei heiterem Himmel stattfindenden, also gewissermaßen normalen Zustandes der Atmosphäre, lassen die bisherigen Resultate als wahrscheinlich erscheinen, daß die unausgesetzt aus den unzähligen Spitzen des mit Vegetation bestandenen Landes austretenden oder richtiger von denselben eingesogenen Ströme in ihrer Gesammtheit Wirkungen ausüben, welche nicht bloß für den elektrischen Zustand der Atmosphäre, sondern vielleicht auch für die Erdströme von Einfluß sind.

Die Existenz von Erdströmen wurde durch die Arbeiten von Barlow, Palmieri, Peltier, Förster, Fröhlich und besonders von Blavier mit voller Sicherheit bewiesen, ihr Auftreten und ihr Verlauf eingehend studirt. Ist zwar hiermit kein unanfechtbarer Beweis für eine elektrische Ladung der Erde erbracht, so gewinnt hierdurch doch die Annahme einer solchen an Wahrscheinlichkeit.

Reicht aber die Peltier'sche Hypothese auch zur Erklärung jener hohen Spannungen aus, welche eintreten müssen, um Blitze zu ermöglichen? Die Beantwortung dieser Frage, wie überhaupt das Gewitter, soll uns im nächsten Abschnitte beschäftigen.

I.

Gewitterwolken.

Wer hat nicht schon oft und oft die Beobachtung gemacht, daß ein Glas sich **beschlägt**, d. h. mit einer Unzahl kleiner Wassertröpfchen bedeckt, wenn es, mit frischem Quellwasser gefüllt, in einen nicht gar zu kalten Raum gebracht wird? Woher kommt dieses Wasser und warum schlägt es sich an der Außenwand des Glases nieder? — Das Wasser war in der Luft enthalten, welche mehr oder weniger Wasserdampf aufzunehmen imstande ist, je nachdem ihre Temperatur steigt oder fällt. Für eine bestimmte Temperatur ist auch die Menge des Wasserdampfes bestimmt, welchen die Luft aufzunehmen vermag. Wird ihr eine größere Menge Wasserdampfes zugeführt, so verdichtet (condensirt) sich dieser Ueberschuß entweder zu Wasserbläschen oder Wassertröpfchen. Letztere entstehen, wenn der Wasserdampf Gelegenheit hat, sich auf verhältnißmäßig kalten Flächen zu condensiren, erstere, wenn solche nicht zu Gebote stehen. Da ferner warme Luft eine größere Menge Wasserdampfes aufzunehmen vermag als kältere Luft, so wird auch dann Condensation eintreten, wenn feuchte, warme Luft abgekühlt wird. Das »Beschlagen« eines mit frischem Wasser gefüllten Glases erklärt sich demnach in der Weise, daß die dem Glase zunächst liegenden Luftschichten durch das kalte Wasser abgekühlt werden und die nun abgekühlte Luft ihren Ueberschuß an Wasserdampf in Form kleiner Wassertröpfchen auf der Oberfläche des Glases abscheidet. Sind die kalten Flächen unzureichend für die Condensation des überschüssigen Wasserdampfes, so bildet sich ein **Schwaden**, wie wir solche tagtäglich über kochendem **Wasser** beobachten können. In einem solchen Schwaden, der schlechtweg als **Wasserdampf** bezeichnet wird, ist das Wasser, streng genommen, nicht mehr

in Dampfform vorhanden, sondern vielmehr in Form kleiner Wasserbläschen, d. h. in Form hohler Wasserkugeln, wie solche (nur bedeutend größer), aus Seifenwasser erzeugt, die bekannten Seifenblasen darstellen.

In der Natur steigen von der Oberfläche der Meere, Seen und Flüsse fortwährend Wasserdämpfe auf, lebhafter bei warmer Witterung, minder lebhaft bei kaltem Wetter. Gelangen diese Dämpfe dann in kältere Luftschichten oder in Luftschichten, welche mit Wasserdampf bereits gesättigt sind, so muß der überschüssige Wasserdampf durch Condensation ausgeschieden werden. Das Wasser nimmt dann die Form der bereits wiederholt erwähnten Bläschen an. Erfolgt die Bildung dieser auf der Erdoberfläche, so entstehen Nebel, steigen diese in die Höhe, so nennen wir sie Wolken. Nebel und Wolken unterscheiden sich von einander nicht in ihrem Wesen, sondern nur in ihrer Lage zum Beobachter. Wasserdünste, die einen Berggipfel verhüllen, erscheinen dem Beobachter im Thale als Wolke; begibt sich dieser jedoch auf den Berg hinauf, d. h. tritt er in die Wolke ein, so befindet er sich inmitten eines Nebels. Wolken entstehen natürlich nicht nur durch Aufsteigen des Nebels, sondern sie können sich vielmehr auch in der Weise bilden, daß ein warmer, feuchter Luftstrom in der Höhe auf kältere Regionen trifft oder daß ein warmer, feuchter Luftstrom mit einem kalten zusammentrifft.

Bezüglich der Wolkenbildung ist ferner noch die Frage zu beantworten, wieso es kommt, daß die Wasserbläschen, die doch offenbar schwerer sind als die sie umgebende Luft, sich in dieser schwebend zu erhalten vermögen und nicht sofort nach ihrem Entstehen zur Erde herabsinken. Die Antwort hierauf lautet: Die Bläschen haben allerdings das Streben zur Erde zu sinken, aber ihr Fall wird einestheils durch den bedeutenden Widerstand, welchen die im Verhältnisse zu ihrem geringen Gewichte sehr große Oberfläche darbietet, sehr verzögert und anderntheils werden sie eben wieder ihres geringen Gewichtes und ihrer großen Oberfläche wegen von jeder Luftströmung ergriffen und mitgeführt. Diese Bläschen erhalten sich ebenso schwebend in der Luft, wie leichte Federchen oder wie Seifenblasen. Trotzalledem müßten die Bläschen, vollkommen ruhige Luft vorausgesetzt, sich doch, wenn auch noch so langsam, auf die Erde herabsenken, die Wolke müßte sich als Nebel auf der Erde lagern, wenn dem nicht andere Hindernisse im Wege stünden. Wenn sich die Bläschen aus jenen kühlen Regionen, in welchen sie eben durch Condensation der Wasserdämpfe entstanden sind, herabsenken, so gelangen sie nach und nach in wärmere Luftschichten, die noch nicht mit Wasserdampf gesättigt sind und werden daselbst wieder in Wasserdampf aufgelöst. Und so stellt sich die Wolke selbst als ein Gebilde dar, das auf seiner unteren Seite stets Bläschen durch Verdampfung verliert, an der oberen Grenze durch Condensation der Wasserdämpfe fort-

während neue Bläschen erzeugt; in dieser Weise erklärt sich das scheinbar unbewegliche Schweben der Wolke in der Luft.

Läßt bereits das Entstehen und Bestehen der Wolken auf eine große Mannigfaltigkeit ihrer Formen schließen, so wird diese noch weniger auffällig erscheinen, wenn man bedenkt, daß die Wolken ihres zarten Baues halber dem leisesten Lufthauche folgen. Zu all dem kommt noch, daß sie einen verschiedenen Anblick gewähren müssen, je nach der Höhe, in welcher sie über dem Beobachter schweben und je nach der Beleuchtung, der sie jeweilig ausgesetzt sind. Immerhin entschloß man sich doch, die Wolken auch ihrer Form nach in verschiedene Hauptarten zu unterscheiden; daß diese Unterscheidung keine strenge sein kann, erhellt aus Obigem zur Genüge. Howard nahm als Hauptformen an die Federwolke (cirrus), die Haufenwolke (cumulus) und Schichtenwolken (stratus) und fügte diesen als Uebergangsformen weiters noch zu die federige Haufenwolke (cirro-cumulus), die federige Schichtenwolke (cirro-stratus), die gestreifte Haufenwolke (cumulo-stratus) und schließlich auch die Regenwolke (nimbus).

Federwolken nennt man jene zarten, weißen Wölkchen, welche bald die Form feiner Federn oder Locken besitzen, bald streifige Fasern bilden. Sie schweben von allen Wolken am höchsten. Kämtz gibt hierfür, nach Messungen, die er in Halle ausgeführt hat, 6500 Meter an und weist darauf hin, daß sämmtliche Touristen auch bei Besteigung der höchsten Berge in den Alpen die Federwolken stets noch über sich erblickt haben; ja selbst der Anblick derselben unterschied sich nicht von jenem, den sie vom Thale aus boten. Kämtz hat bei einem eilfwöchentlichen Aufenthalte angesichts des Finsteraarhorns (4200 Meter) nie Cirrus unterhalb des Gipfels dieses Berges beobachtet. Es ist bereits weiter oben (S. 199) bemerkt worden, daß der Cirrus nicht aus Wasserbläschen oder Tropfen gebildet ist, sondern aus feinen Eisnadeln besteht. Ley glaubt zur genaueren Kennzeichnung des Cirrus nachstehende Bezeichnungen für denselben vorschlagen zu sollen: Gewöhnlicher Cirrus oder Schweifwolke, Cirro filum oder Drahtwolke, Cirro velum oder Schleierwolke, Cirro nebula oder Federwolkennebel und endlich Cirro granum oder Schäfchenwolke. Eine Art streifigen Cirrus nennt man in Deutschland auch Windbäume.

Der Cirrus geht in die fedrige Schichtenwolke oder in den cirro-stratus über, wenn bei genügender Feuchtigkeit West- oder Südwind eindringt. Diese Wolken bieten, nahe dem Horizonte stehend, den Anblick ausgedehnter Schichten und überziehen zuweilen den ganzen Himmel mit einem feinen Schleier. Gewöhnlich fließen sie dann in einander, senken sich gleichzeitig und bedecken dann den Himmel mit einem weißen Ueberzuge. Schreitet dieser Proceß noch

weiter fort, so werden die Wolken mehr oder minder grau und lösen sich schließlich in Schnee oder Regen auf.

In ganz ähnlicher Weise entsteht die **fedrige Haufenwolke** oder cirrocumulus, bei welcher jedoch der Zusammenhang der einzelnen Theile untereinander fehlt; auch die fedrigen Haufenwolken oder die Schäfchen überziehen oft den ganzen Himmel. Ihre Bildung scheint ein Mangel an Feuchtigkeit zu veranlassen, welcher ein gänzliches Ueberziehen des Himmels mit einer Wolkendecke unmöglich macht.

Nicht durch Eindringen von Süd- oder Südwestwind, sondern durch aufsteigende Luftströme wird die in ihrer Form den Schäfchen ähnliche **Haufenwolke** (cumulus) gebildet. Sie entstehen daher auch gewöhnlich an schönen, warmen Sommertagen und erlangen an solchen den ausgeprägtesten Charakter. Die Sonne erwärmt durch ihre Strahlen die Luft und bringt Wasser zum Verdampfen; die erwärmte Luft steigt dann, ihres verminderten Gewichtes wegen, sammt den Wasserdämpfen nach aufwärts. Sobald nun letztere in kältere Regionen gelangen, müssen sie sich verdichten und Wolken bilden. Im selben Maße, in welchem die Temperatur mit dem Fortschreiten des Tages zunimmt, schreitet auch die Wolkenbildung vor. Es entstehen dann sehr scharf umschriebene Wolkenmassen, welche von mannigfach sich durchschneidenden halbkugeligen Flächen begrenzt, auf ziemlich ebener Basis aufzuruhen scheinen. Sie erreichen ihre größte Ausdehnung mit dem Maximum der Tagestemperatur und nehmen mit dieser wieder ab, so daß sie bei Sonnenuntergang häufig ganz verschwunden sind. Von der Sonne beschienen, gleichen sie großen Baumwollballen oder auch mächtigen Schneegebirgen. Die Haufenwolken schweben gewöhnlich in geringerer Höhe als die Federwolken; Kämtz gibt für erstere als äußerste Grenzen die Höhen von 400 und 6500 Meter an. Sie nehmen um die Mittagszeit ihre höchste Lage ein, während sie des Morgens und in den Abendstunden in geringerer Höhe schweben. Kämtz hat dieses Verhalten bei einem Aufenthalte im Gebirge wiederholt direct beobachtet; er erblickte in den Morgenstunden Cumulus unter sich, der sich dann hob, ihn gegen Mittag beiläufig eine Stunde lang einhüllte, den Rest des Tages ober seinem Haupte blieb und des Abends sich wieder gegen das Thal senkte.

Nicht immer verläuft der Proceß der Wolkenbildung bei aufsteigenden warmen, feuchten Luftströmen in der eben angegebenen Weise. Es tritt vielmehr der Fall ein, daß die Haufenwolken, statt gegen Abend zu abzunehmen, im Gegentheile immer zahlreicher werden, ihr helles Weiß verlieren und dafür eine dunklere Färbung annehmen, bis sie endlich die **streifige Haufenwolke** (cumulo-stratus) bilden. Es ist dies ein Zeichen, daß die höheren und mittleren Regionen durch reichliche Aufnahme von Wasserdampf ihrem Sättigungs-

punkte nahe gekommen sind. Die Bildung der eigentlichen Regenwolke oder des Nimbus ist dann vollendet.

Die Schichtenwolke (stratus), bestehend aus horizontalen Wolkenstreifen, bildet sich namentlich dann, wenn die Temperaturen bei Tag und Nacht sehr verschiedene sind. Sie erreichen zuweilen eine sehr bedeutende Ausdehnung und sie sind es auch, welche bei Sonnenuntergang zuweilen zu prachtvollen Färbungen Veranlassung geben.

Was die **Gewitterwolken** anbelangt, so werden zur Charakterisirung derselben verschiedene Kennzeichen besonders hervorgehoben. Es ist jedoch diesbezüglich im Vorhinein zu bemerken, daß die Bildung der Gewitterwolken durch die Oertlichkeit, in welcher sie stattfindet, wesentlich beeinflußt wird; Gewitterwolken gewinnen ein anderes Aussehen am Meere als auf der Ebene oder im Gebirge.

Wenn man bei ruhigem Wetter von irgend einem Punkte des Horizontes rasch sehr dichte Wolken sich erheben sieht, welche aufgehäuften Baumwollmassen gleichen und durch zahlreiche krummlinige, scharfe und deutliche Umrisse, wie die hohen Gipfel schneebedeckter Berge, begrenzt sind; wenn diese Wolken in einer gewissen Weise aufschwellen und an Zahl abnehmen, während sie an Größe wachsen; wenn sie trotz aller dieser Formveränderungen auf ihrer ersten Grundfläche unverändert stehen bleiben; wenn die anfangs sehr zahlreichen und scharfen Umrisse nach und nach in einander verschmelzen, so daß das Ganze fast den Anschein nur einer einzigen Wolke gewinnt: dann kann man nach Beccaria mit Sicherheit das Bevorstehen eines Gewitters ankündigen. Dem Auftreten dieser ersten Wolke folgt nach Beccaria, welcher in Turin beobachtete, das Erscheinen einer ausgedehnten sehr dunkelgefärbten Wolke, welche ihre Farbe allmählich der ersten Wolke mittheilt. Bemerkenswert ist hierbei, daß während dieses Vorganges die untere, von der Erde aus sichtbare, für beide Wolken gemeinschaftliche Fläche dieselbe bleibt, sich aber immer mehr und mehr ebnet.

Von den höchstgelegenen Theilen der Wolkenmasse aus sollen sich dann, nach Beccaria's Beobachtungen, Wolken in Form langer Zweige entwickeln, welche nach und nach den ganzen Himmel überdecken. Eine besondere Rolle wird zahlreichen kleinen, weißen Wölkchen von unbestimmter, unregelmäßiger Form und lebhafter Bewegung zugeschrieben, die der Turiner Beobachter Ascitizi benannte. Diese Ascitizi (cirrocumuli) treiben unterhalb der Wolkendecke und scheinen von der großen Wolkenmasse angezogen zu werden; sie sollen auch jene lichten Stellen bilden, welche hin und wieder die dunkle Farbe der Gewitterwolken unterbrechen. H. J. Klein weist aber in Bezug auf Beccaria's Ansicht über die Ascitizi, die übrigens schon Virgil beobachtet hat, mit Recht

darauf hin, daß hiernach jenen Wölkchen eine eigene selbständige Lichtentwicklung zugeschrieben werden müßte, weil sie, im Schatten der dunklen Gewitterwolke befindlich, durch die Sonnenstrahlen nicht heller beleuchtet werden können als die untere Fläche der Hauptwolke. Nach Klein's Beobachtungen zeigen die Gewitterwolken in unseren Gegenden vielmehr häufig bedeutende Unterschiede in ihrer Dicke; hochaufgethürmte Wolkenmassen wechseln mit dünnen Schichten und hierin hat man die Ursache der verschiedenen Färbungen zu erkennen: die dichten Massen werden stets dunkelgrau erscheinen, die dünneren hellgrau oder gelblichweiß bis weiß.

Klein's Ansicht über das Vorhandensein dünner Partien in den Gewitterwolken findet eine Bestätigung in der Schilderung, welche d'Abbadie über das Ausbilden von Gewittern in Aethiopien entwarf. »Die Gewitterwolken in Aethiopien,« sagt der berühmte Reisende, »sind an ihrer unteren Fläche stets eben, aber ausgezackt an der entgegengesetzten, und im allgemeinen von sehr geringer Dicke. Einige dieser Wolken würden trotz der heftigen elektrischen Ausbrüche, deren Herd sie waren, nicht gehindert haben, die Sterne durch sie hindurch zu sehen.«

Darin stimmen aber die genannten Forscher überein, daß die untere Begrenzung der Gewitterwolken sich stets als eine mehr oder weniger ebene Fläche darstellt, im Gegensatze zu ihrer oberen Begrenzung, die uneben und zerrissen erscheint. Auch Arago hat, namentlich auf Beobachtungen Hossard's (in den Pyrenäen) gestützt, diese Angaben bestätigt. Nach Hossard bilden sich nämlich an den heißesten Tagen des Jahres plötzlich an mehreren Punkten der unteren Wolkenschichte Erhebungen, welche sich wie lange verticale Spindeln ausdehnen und mittelst deren sehr entfernte Regionen der Atmosphäre in Verbindung treten können.

Franklin sprach die Fähigkeit, Gewitter zu erzeugen, einzelnen Wolken ganz ab; das Entstehen solcher hielt er für gebunden an das Vorhandensein einer großen ausgedehnten Wolke einerseits und kleinerer unterhalb dieser schwebenden andererseits. Und dieselbe Ansicht vertrat Saussure, als er über seine Reise nach dem Col du Géant schrieb: »In diesem Gebirge habe ich Gewitter nur im Augenblicke des Begegnens oder Zusammenstoßes zweier oder mehrerer Wolken entstehen sehen. So oft wir bei unserem Aufenthalte auf dem Col du Géant in der Luft oder um den Gipfel des Montblanc nur eine einzige Wolke, wie dicht und dunkel sie auch erscheinen mochte, wahrnahmen, donnerte sie nicht; sobald aber zwei Wolkenschichten, eine über der anderen, sich bildeten, oder wenn Wolken aus den Ebenen oder Thälern aufstiegen und diejenigen erreichten, welche die Berggipfel bedeckten, wurde ihr Zusammentreffen durch Windstöße, Donnerschläge, Hagel und Regen bezeichnet.« Doch, obwohl

Männer wie Franklin und Sauſſure für die Anſicht eintraten, daß die Bildung eines Gewitters an das Vorhandenſein zweier Wolkengruppen gebunden ſei, muß bereits an dieſer Stelle auf das weiter unten noch zu beſprechende Erſcheinen von Blitzen aus heiterem Himmel, beziehungsweiſe ſehr kleinen Wolken als auf Erſcheinungen hingewieſen werden, welche mit der Gewittertheorie jener berühmten Forſcher nicht im Einklange ſtehen.

In dem ſehr intereſſanten Berichte über den Gewitterſturm vom 9. Auguſt 1881 hat W. Köppen auch die Form und das Ausſehen der Gewitterwolken an der Hand charakteriſtiſcher Abbildungen geſchildert. Der ideale Längsſchnitt einer Gewitterwolke in Figur 92 iſt dieſer Abhandlung entlehnt. Vorne bei b iſt der eigenthümliche ſchwarze Wolkenwulſt, der ſich an der Front des Phänomens bildet; auch ſeitlich entſtehen ſchwächere derartige Wulſte, wie dies in punktirter Zeichnung bei b' und b'' angedeutet iſt. Rückwärts dehnt ſich unter einem Cirroſtratusſchleier die Wolkenmaſſe a aus, welche nicht mehr ſo dick und deshalb nicht mehr ſo dunkel iſt. Von vorn geſehen erſcheint daher beim Herannahen des Unwetters unter dem dunklen Wulſte b der regnende Theil der Wolke als helles Segment, eine Erſcheinung, auf welche noch nicht aufmerkſam gemacht worden iſt, obwohl ſie, wie J. Hann mittheilt, in Oberöſterreich unter der beſonderen Bezeichnung »die Waſſerlichten« dem Landvolke bekannt iſt. Es hängt dieſe größere Helligkeit, die auch im Zimmer bei Beginn des Regens häufig bemerkt wird, mit der abſteigenden Bewegung zuſammen, welche die Luft zwiſchen den Regentropfen theils durch Reibung an dieſen, theils durch ihre relative Kälte beſitzt; die Erwärmung dieſer Luft bei der Compreſſion wird zwar zum größten Theile durch die große Wärmecapacität des Waſſers und ſeine Verdunſtung aufgehoben, doch bleibt genug davon übrig, um die Luft vom Zuſtande der Sättigung mit Waſſerdampf fern zu halten und Nebelbildung zu verhindern. Daß übrigens auch in größeren Lücken der herabſinkenden Luftmaſſen compenſirende aufſteigende Ströme und dadurch Wolkenbildungen in niedrigerem Niveau erzeugt werden können, iſt bei (b) angedeutet. Das charakteriſtiſche Kennzeichen kräftiger aufſteigender Bewegung iſt die Cumulusform des oberen Theiles der Wolke, wie ſie bei c angedeutet iſt: dagegen zeigen die Gipfel d über dem regnenden Theile cirröſe Schleierausſtrömungen, deren Entſtehung noch nicht genügend erklärt iſt. Bei g ſieht man niedrige Wolkenfetzen in der Luft ſchweben, welche wohl durch Ueberſättigung der kalten Luft an der Rückſeite ſich bilden; f nennt J. Hann die »Draperie«, deren Form verräth, daß ſie ihre Entſtehung nicht aufſteigender Luftbewegung, ſondern wahrſcheinlich der Condenſation an der Grenze von Luftmaſſen ſehr verſchiedener Temperatur verdankt, wodurch ſich auch ihr Auftreten vorzugsweiſe bei Hagelböen erklärt. Die Streifung der Regenſäulen ſtellt die Richtung

dar, in welcher die Tropfen fallen, und die dem Auge infolge der Andauer der Netzhautbilder in Form von Fäden sich kundgibt. Die Pfeile in der Figur

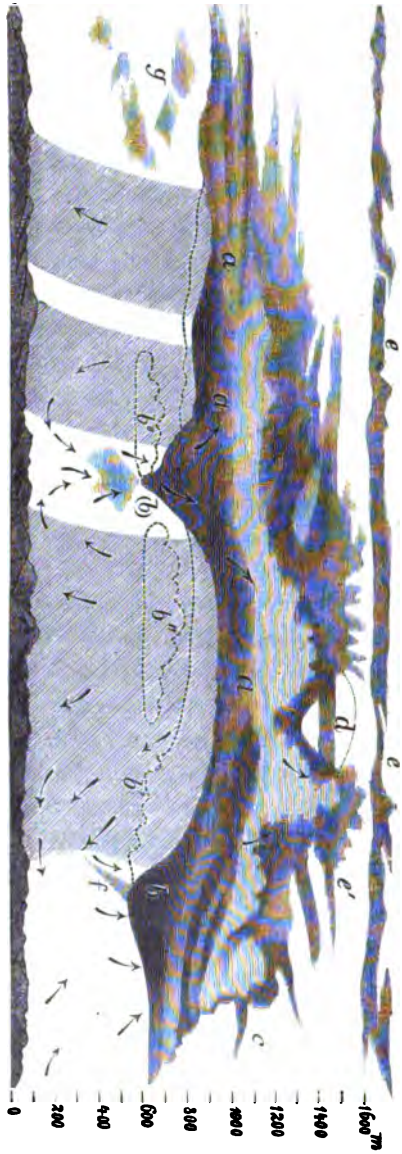


Fig. 92.

Längsschnitt einer Gewitterwolke nach Köppen.

geben die relative Bewegung der Luftmassen gegen einander an; um die ganze Bewegung gegen die Erdoberfläche zu erhalten, muß man die fortschreitende Be-

wegung des ganzen Phänomens hinzurechnen. Die Böe stellt sich dann als ein Wirbel um eine horizontale Axe dar.

Für das Verständniß der Gewittererscheinungen sind nicht nur die Formen der Gewitterwolken von Belang, sondern auch deren Höhe über der Erdoberfläche. Würden diesbezügliche Forschungen z. B. ergeben, daß die Gewitterwolken im Hochgebirge in derselben Höhe über dem Meeresspiegel auftreten, wie im tiefliegenden Flachlande, so würde dieser Umstand offenbar auf einen Zusammenhang zwischen der Gewitterbildung und der Dichte der Atmosphäre hinweisen, die ja bekanntlich mit der Höhe über dem Meere abnimmt. Ergäbe sich jedoch für die Gewitterbildung im Flachlande eine geringere Höhe als für jene im Hochgebirge, so hätte man auf irgend eine Einwirkung der Erdoberfläche zu schließen. Von diesen und anderen Erwägungen geleitet, wendet man daher auch schon seit längerer Zeit der Bestimmung von Höhen, in welchen Gewitterwolken auftreten, volle Aufmerksamkeit zu. Eine allgemein giltige Lösung der sich hieran knüpfenden Fragen wird aber allerdings erst dann möglich sein, wenn eine große Anzahl verläßlicher Messungen vorliegen wird.

Man hat die Höhe der Gewitterwolken indirect erschlossen, durch Schätzung oder auch durch mehr oder minder genaue Messungen bestimmt. Humboldt beobachtete am Gestein auf dem Gipfel des 4620 Meter hohen Toluca westlich von Mexico) Schmelzungen, die ohne Zweifel durch Blitzschläge bewirkt worden waren; ebensolche Blitzspuren fanden Saussure auf dem 4810 Meter hohen Gipfel des Dôme de Gouté (in der Montblanc-Gruppe) und Ramond in den Pyrenäen auf dem 2935 Meter hohen Pic du Midi sowie auf dem 3410 Meter hohen Mont perdu. Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß die Gewitterwolken in der Schweiz höher als 4810 Meter, in Mexico höher 4620 Meter und in den Pyrenäen höher als 3410 Meter ziehen; hierbei wäre jedoch vorausgesetzt, daß die Blitze stets zwischen einer höher befindlichen Wolke und einem tiefer gelegenen Punkte der Erdoberfläche auftreten. Da nun aber auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß Blitze zwischen tiefer schwebenden Wolken und höher gelegenen Bergspitzen überschlagen, so können die oben angeführten Beobachtungen keine sicheren Anhaltspunkte zur Bestimmung der Wolkenhöhen geben.

Es liegen aber auch zahlreiche directe Beobachtungen über die Höhen, in welchen Gewitterwolken ziehen, vor; aus den Zusammenstellungen solcher Angaben, welche von Arago, Kämtz, Klein, Sestier und Méhu u. A. gemacht wurden, mögen nachstehend einige Beispiele mitgetheilt werden. In einer Sammlung von Abhandlungen von de l'Isle finden sich vier Gewitterbeobachtungen aus Paris vom 6. Juni 1712, nach welchen die Berechnung

für die Höhe der Gewitterwolken 8080 Meter ergibt. Beobachtungen, welche Chappe zu Tobolsk in Sibirien anstellte, wohin er zum Studium des Venusdurchganges im Jahre 1761 gereist war, ergaben eine Höhe der Gewitterwolken von 3470 Meter am 13. Juli und eine Höhe von 3340 Meter am 2. Juli. Als die beiden de Saussure, Vater und Sohn, auf dem Col du Géant weilten, überfiel sie am Morgen des 5. Juli 1788 ein heftiges Gewitter, in welchem Blitz und Donner unaufhörlich auf einander folgten. Da die Höhe der Wolken weder gemessen, noch geschätzt wurde, kann nur darauf hingewiesen werden, daß letztere merklich oberhalb des 3471 Meter hohen Gipfels schwebten. Wie Kämtz mittheilt, versichern die Bewohner des Chamounix-Thales, daß Gewitter oft über den 4810 Meter hohen Gipfel des Montblanc ziehen. Kämtz selbst sah während eines Gewitters die Gipfel des Faulhornes (2683 Meter), des Schwarzhornes, des Pilatus und des Rießen (2365 Meter) wolkenfrei und schloß daher auf eine Höhe der Wolken von mindestens 3300 Meter. Der Breslauer Professor Tobias Volkmar sagt in seinem 1777 erschienenen Buche »Reisen nach dem Riesengebirge«, daß die »mehresten« Donnerwetter tiefer gehen, als die Schneekoppe (1605 Meter). Dasselbe behaupten, wie E. Reimann in der »Meteorologischen Zeitschrift« (1886) berichtet, sämmtliche Gebirgsbewohner und ständigen Koppenbesucher. Nach einer ungefähren Schätzung sollen durchschnittlich von 18 Gewittern im Jahre etwa 10 unterhalb des Koppenkegels ziehen, 5 bis 6 die Koppe einhüllen und nur 2 bis 3 sich über dieselbe erheben. Nach den Messungen von Wolkenhöhen, welche H. J. Klein ausgeführt hat, glaubt dieser Beobachter die obere Grenze der Gewitterwolken mit 5000 Meter annehmen zu sollen, während die gewöhnliche Höhe etwa 1500 bis 2000 Meter betragen mag.

Die Gewitterwolken schweben jedoch zuweilen in auffallend geringen Höhen, wie dies z. B. die beiden nachstehenden Berichte des österreichischen Forschers v. Haidinger zeigen. Am 26. August 1827 zur Zeit der Vesper entlud sich über dem Kloster Admont (Steiermark) ein heftiges Gewitter; der Blitz tödtete hierbei im Chore zwei junge Priester. An der Seite dieses in einem Thale liegenden Klosters erhebt sich ein Berg, auf welchem sich in einer Höhe von 124 Meter ein Schloß befindet. Zur Zeit des Gewitters war dieses Schloß von einem Aufseher und dessen Frau bewohnt, und diese Leute sahen während der ganzen Dauer des Gewitters das Kreuz des Klosterthurmes, welcher 38 Meter hoch ist, über die Wolkenschichte hervorragen; nach abwärts reichte die Wolke bis an ein Schallloch im Thurme, das ungefähr 29 Meter vom Boden entfernt war. Hieraus ergibt sich, daß die Wolke in der außerordentlich geringen Höhe von 29 Meter über der Erde schwebte und eine Dicke von nicht einmal 9 Meter besaß. Ueber dieser Wolke befand sich aber noch eine

zweite, deren Höhe auf etwa 778 Meter veranschlagt wurde; die zwischen beiden Wolken überspringenden Blitze hatten zumeist die Richtung von der unteren zur oberen Wolke.

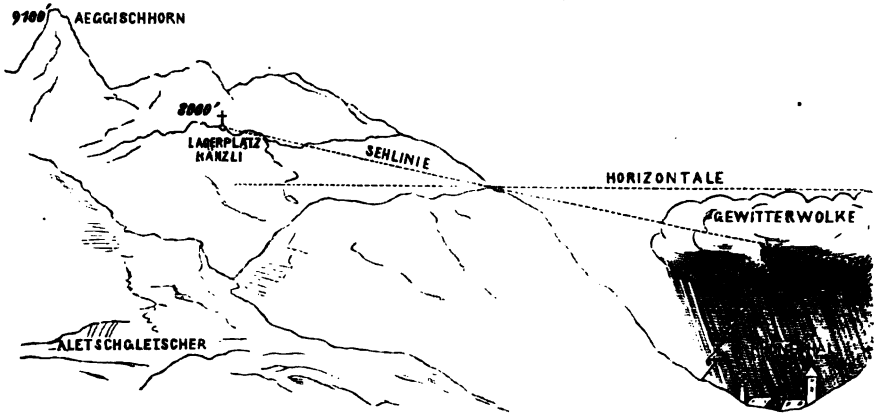
Während eines heftigen Gewitters, welches am 15. Juni 1826 über Graz (Steiermark) niederging, schlug der Blitz nicht weniger als 14 Mal ein. Hierbei blieb der in einer Höhe von beiläufig 250 Meter befindliche Thurm auf dem Schloßberge während der ganzen Dauer des Gewitters wolkenfrei; der Himmel über ihm war gänzlich rein und blau. Der etwa 130 Meter unterhalb des Schloßbergthurmes liegende Uhrthurm des Johanneums tauchte fast ganz in die Wolkenschichten. Die mehrfach angestellten Messungen ergaben für die Wolkenhöhe 70 Meter, für die Dicke der Wolken 38 Meter.

Aus vorliegenden Beispielen, die leicht noch bedeutend vermehrt werden könnten, ist zu ersehen, daß die Angaben über die Höhen von Gewitterwolken zwischen sehr weiten Grenzen variiren. Obschon es keinem Zweifel unterliegt, daß die Gewitterwolken thatsächlich in sehr verschiedenen Höhen auftreten, so darf doch andererseits nicht übersehen werden, daß bis nunzu einer exacten Bestimmung der Wolkenhöhe noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Auch die Methoden selbst, welche bei den wenigen Bestimmungen, die bisher ausgeführt wurden, zur Anwendung kamen, lassen an Genauigkeit viel oder alles zu wünschen übrig. Streng wissenschaftlich und systematisch durchgeführte Arbeiten dieser Art liegen bis jetzt nur von einer Seite vor, worauf wir weiter unten noch zurückkommen wollen.

In Gebirgsgegenden ist es naheliegend, die Höhe der Wolken dadurch zu bestimmen, daß man zwischen den Wolken und bekannten Berggipfeln eine Art Nivellement ausführt; man notirt sich z. B. jene Gipfel, welche gerade noch aus der Wolke herausragen, oder welche eben von den Wolken bedeckt werden. Da man die Höhe der betreffenden Berge bereits kennt oder nachträglich bestimmen kann, so ist damit auch die Höhe der Wolken gegeben. So einfach diese übrigens nur auf Gebirgsgegenden beschränkte Methode der Höhenbestimmung auch erscheint, so besitzt sie doch bedeutende Mängel, worauf neuerer Zeit J. Hann mit Recht besonders hingewiesen hat. Es bezieht sich dies namentlich auf die Schätzung der Wolkenhöhen von Bergen aus. »Die Täuschung,« sagt Hann, »der die meisten bei der Schätzung der Höhe der Gewitterwolken von Bergen aus unterliegen, fließt aus zwei Quellen. Sieht man in einiger Entfernung von einem Berggipfel aus ein Gewitter vorüberziehen, so scheint es, als ob man auf die weißen, glänzenden Häupter der Cumuli oder Cumulostrati, welche den Gewitterherd bilden, hinabsehen würde, und da darunter noch die Blitze hinabzucken, so sagt der Beobachter er habe das Gewitter unter sich gehabt. Diese Täuschung liegt sehr nahe, wie ich aus eigenen

Beobachtungen von Berggipfeln aus weiß. Im zweiten Falle, wo der Beobachter selbst in den Gewitterwolken sich befindet, entsteht die Täuschung leicht dadurch, daß der Lichtschein der meisten Blitze von unten herauf zu kommen scheint, weil die Wolke, die den Berggipfel einhüllt, meist nach unten viel weniger mächtig ist, als nach oben. Aus eigenen Beobachtungen während eines hochziehenden Gewitters, bei dem aber der Berggipfel, auf dem ich mich befand, durch die gewöhnliche locale Wolkenbildung um die Berge selbst in Nebel gehüllt wurde, weiß ich, wie täuschend in diesem Falle die Erscheinung ist. Es sieht ganz so aus, als hätte es unterhalb des Beobachters, der ja

Fig. 93.



Gewitter im Rhonethal.

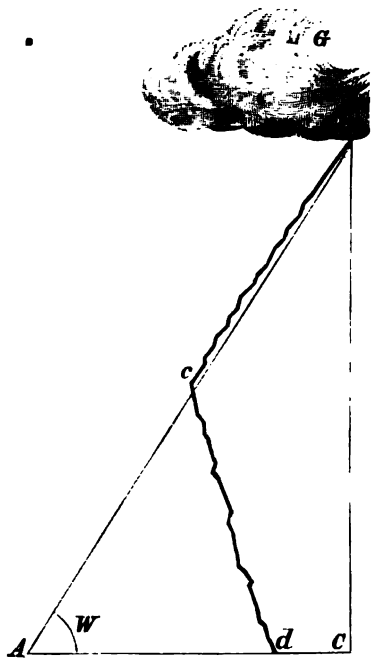
selbst in einer Wolke sich befindet, geblitzt. Folglich meint der Beobachter auch, Gewitter unter sich gehabt zu haben.«

J. Hann ist daher mit Kämtz der Ansicht, daß Berichte über Gewitter unterhalb des Beobachters stets mit Vorsicht aufzunehmen sind, wenn nicht die betreffenden Beobachter für Gewitterbeobachtungen speciell instruirt wurden. Immerhin ist die Möglichkeit einer solchen Beobachtung nicht ausgeschlossen, wie z. B. gleich ein von Kolbenheyer an Hann mitgetheilter Fall beweist. Eine andere derartige Beobachtung wurde Hann von A. Knop mitgetheilt; diese läßt auch gleichzeitig die Höhe der Gewitterwolken erkennen.

Es war am 6. August 1869, schreibt Knop, als ich mit einem Freunde vom Jungfrauhotel aus das Aeggischhorn (Wallis, Schweiz) bestiegen hatte und Abends 6 Uhr mit jenem gegen Betten- und Rüdern-Alp im Abstieg begriffen war. Mein Freund wurde marode, und als die Dämmerung einfiel,

brach er ohnmächtig zusammen, so daß wir unfreiwillig unter freiem Himmel die Nacht zubringen mußten. Das Aeggischhorn ist 2941 Meter hoch. Wir befanden uns auf einem kurz beraften Felsvorsprung, einem sogenannten »Känzli«, von wo aus wir den Aletschgletscher tief unter uns seiner ganzen Länge nach übersehen konnten, gegenüber der weithin sichtbaren Bel-Alp, bei etwa 2580 Meter über dem Meere. Im Süden war das Rhônethal gedeckt durch Bergzüge, welche weit niedriger waren als unser Standpunkt. Der Tag war heiß und schwül gewesen, die Nacht war warm, so daß ich mich, mit Plaid versehen, ganz wohl fühlte. Der Himmel war wolkenlos und dunkel, denn der Mond stand als schwache Sichel bereits nahe am westlichen Horizont. Es mochte etwa 1 Uhr sein, als ich tief aus dem Rhônethal Blitzschein sah, nicht den Blitz selbst, nur die plötzlich hell aufleuchtenden Wolken, dem bald dumpfer Donner folgte. Eine Stunde lang mochte das Gewitter angedauert haben, von welchem wir nur die oberen Grenzen eines starken über Brieg im Rhônethale lagernden Cumulus bemerken konnten. Nur zeitweilig kamen kleine verlorene Wolkenfetzen zu uns herauf, um uns wenig anzunetzen. Als wir anderen Tages über Rüdern-Alp nach Brieg hinunter kamen, hörten wir erzählen, daß ein starkes Gewitter mit strömenden Regengüssen die Gegend erschreckt habe. Unser Nachtlager war in horizontaler Richtung wohl nur wenige Stunden von Brieg entfernt. Aber über die nächsten Höhen, viel tiefer als wir waren, hinaus, haben wir von der eigentlichen Gewitterwolke nichts bemerken können. (Vergl. Fig. 93.)

Fig. 94.



Bestimmung der Wolkenhöhe.

In Gegenden, wo keine Berge das Abschätzen der Wolkenhöhen ermöglichen, kann eine Methode zur Anwendung gelangen, die wiederholt empfohlen und auch benützt wurde. Sie besteht darin, daß man die Zeit bestimmt, welche zwischen Blitz Donner verfließt und die Winkelhöhe jenes Punktes mißt, von welchem der Blitz ausgegangen ist. Bekanntlich ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des

Lichtes eine so bedeutende, daß sie für kleine Distanzen als unendlich groß angenommen werden kann; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles beträgt 333 Meter in der Secunde. Multiplicirt man also die Anzahl der Secunden, welche zwischen Blitz und Donner verfließt, mit 333, so erhält man die geradlinige Entfernung A B der Gewitterwolke G vom Beobachter A (Fig 94). Bestimmt man hierauf mit Hilfe irgend eines hierzu geeigneten Instrumentes den Winkel W, welchen die directe Verbindungslinie A B mit der Horizontalen A C einschließt, so kann man durch eine einfache trigonometrische Rechnung*) oder durch graphische Darstellung die Höhe B C bestimmen, in welcher die Gewitterwolke über der Erde schwebt. In solcher Weise maß z. B. Kämtz im Juni 1834 zu Halle die Höhen, aus welchen die Blitze herabkamen und fand hierfür 1900 bis 3100 Meter.

Diese Methode der Höhenbestimmung besitzt jedoch wesentliche Mängel, welche den Wert derartiger Messungen sehr in Frage stellen. Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß es für einen Beobachter sehr schwierig ist, die Winkelhöhe zu messen und gleichzeitig die Zeitdauer zwischen Blitz und Donner zu bestimmen. Sucht man erstere genau zu messen, so kann leicht ein Fehler in der Zeitbestimmung unterlaufen, und wenn man bedenkt, daß bereits der Fehler um eine Secunde in der Zeitbestimmung schon einen Fehler um 330 Meter in der Bestimmung der directen Entfernung (A B) nach sich zieht, wird man leicht einsehen, daß das Endresultat kein sehr genaues sein kann. Mißt man hingegen die Zeitdauer mit möglichster Genauigkeit, während man sich damit begnügt, die Winkelhöhe bloß zu schätzen, so sind Fehler in der Winkelhöhe von 8 bis 16 Grad nicht zu vermeiden, wodurch abermals große Ungenauigkeiten entstehen.

Ein anderer Fehler der Methode, auf welchen H. J. Klein besonders aufmerksam gemacht hat, ist in der Lage der Blitzbahn gegen den Beobachter zu suchen. Würde z. B. ein Blitzstrahl in einer Winkelhöhe von 45 Grad von der Wolke ausgehen und die Entfernung des Beobachters von diesem Ausgangspunkte in gerader Linie 1038 Meter betragen, so wäre dessen senkrechte Höhe gleich 734 Meter. Nimmt man nun an, daß der Blitz in der ersten Hälfte (B c) seiner Bahn genau auf den Beobachter zu kam, im weiteren Verlaufe (c d) sich aber wieder von ihm entfernte, so hat er sich dem Beobachter um die halbe Entfernung $\left(\frac{A B}{2}\right)$, also bis auf 519 Meter genähert. Der Schall wird daher zuerst von dem nächsten Punkte (c) der Blitzbahn beim Beobachter anlangen und letzterer daher auch nur jene Zeit be-

*) Es ist nämlich B C = A B sin. W.

stimmen, welche der Schall braucht, um von dem genannten Punkte aus zu ihm zu gelangen, das heißt auf eine Entfernung von nur 519 Meter statt auf eine solche von 1030 Meter schließen; er erhält dann für die Höhe der Gewitterwolke 367 statt 734 Meter. Hieraus ist zu ersehen, daß bei Anwendung dieser Methode stets ein Fehler begangen wird, so oft ein Theil der Blitzbahn weniger weit vom Beobachter entfernt ist als der Ausgangspunkt; die Methode kann also nur dann annehmbare Resultate geben, wenn dies nicht der Fall ist. Ein Mittel, um die Lage der Blitzbahn gegen den Beobachter zu beurtheilen, gewährt die Intensität des Donners. Ein heftiger, plötzlicher Knall, gefolgt von längerem und dumpferem Rollen, wird darauf schließen lassen, daß der Blitz von einem dem Beobachter am nächsten befindlichen Punkte nach entfernteren sich gewendet habe; Donner mit sehr geringen Intensitätsschwankungen werden die verhältnißmäßig sichersten Resultate liefern.

Schließlich möge noch eine Methode der Messung von Wolkenhöhen erläutert werden, die für längere in den Jahren 1884 und 1885 in Upsala durchgeführte Studien von Ekholm und Hagström mit Erfolg in Anwendung gebracht wurde. Diese Methode ist frei von jenen Fehlern, welche den vorbesprochenen Methoden anhaften, und gibt daher auch verläßliche Resultate; Figur 95 möge zu ihrer Erläuterung dienen. Sowohl bei A als auch bei B befindet sich ein Beobachter, ausgerüstet mit je einer Visirvorrichtung, beispielsweise mit einem entsprechend adaptirten Fernrohre, das sich sowohl in verticaler, als auch in horizontaler Ebene drehen läßt; mit dem Fernrohre verbundene getheilte Kreise gestatten die Ablesung jener Winkel, um welche das Fernrohr gedreht wird. Die Entfernung A B der beiden Beobachter von einander ist vorher sorgfältig gemessen worden; sie betrug bei den in Rede stehenden Versuchen zuerst 489·5 Meter und dann, als sich diese Entfernung mit Rücksicht auf die hierbei erzielbare Genauigkeit der Messung zu gering erwies, 1302 Meter. Die beiden Beobachter verständigten sich mit Hilfe des Telephons über einen bestimmten Punkt einer Wolke, auf welchen dann gleichzeitig die beiden Instrumente eingestellt wurden. Zu diesem Behufe mußte z. B. A das Fernrohr in horizontaler Ebene um den Winkel a, in verticaler Ebene um den Winkel a' drehen, während das Fernrohr in B die Winkel b (Azimut) und b' (Höhenwinkel) beschrieb. Denkt man sich von dem in der Wolke fixirten Punkte W eine Senkrechte h auf die Erde gefällt, den Fußpunkt C und den höchsten Punkt W dieser Senkrechten mit A und B verbunden und auch zwischen A und B eine Linie gezogen, so erhält man eine Anzahl Dreiecke, in welchen die Seite A B und die Winkel a a' und b b' bekannt sind, und in welchen h offenbar die Höhe der Wolke über der Erdoberfläche darstellt. Der Wert der Höhe h kann aus diesen Dreiecken in einfacher Weise durch Rechnung

gefunden werden. Um jedoch nicht das Verſtändniß der mathematiſchen Formeln vorausſetzen zu müſſen, ſoll nachſtehend die Höhe h auf graphiſchem Wege beſtimmt werden.

Wie die Figur 95 erkennen läßt, wird es dann gelingen, die Höhe h zu finden, wenn wir imſtande ſind, aus den durch directe Meſſung be-

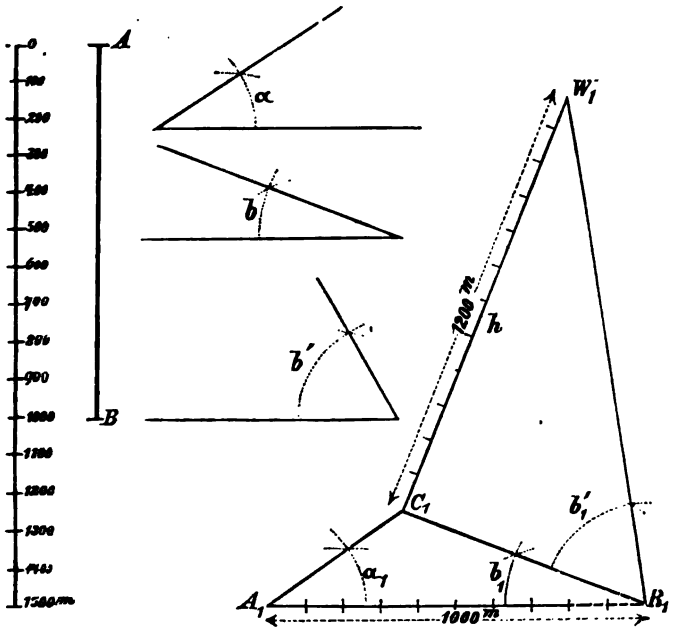
Fig. 95.

Beſtimmung der Wolkenhöhe.

ſtimmten Größen eines jener Dreiecke (A C W oder B C W) zu conſtruiren, in welchem h eine Seite bildet. Da uns aber von dieſen Dreiecken nur je ein Winkel (a', beziehungsweiſe b') bekannt iſt, kann dieſe Conſtruction nicht unmittelbar ausgeführt werden. Sie wird aber dann ausführbar, wenn wir zuerſt das Dreieck A B C in Betracht ziehen, das heißt conſtruiren. In dieſem iſt die Seite A B bekannt und ſind die Winkel a und b gemeſſen. Dieſe drei Beſtimmungsſtücke genügen, wie das nachfolgende Beiſpiel zeigen wird, voll-

kommen zur Construction des Dreieckes A B C. Hierdurch erlangen wir aber auch für die Dreiecke A C W und B C W je ein weiteres Bestimmungsstück, nämlich die Seite A C, beziehungsweise B C. Da ferner h eine Senkrechte auf die Erdoberfläche darstellt, muß sie auch auf die durch ihren Fußpunkt in dieser Fläche gezogenen Linien C A und C B senkrecht stehen, das heißt also die Dreiecke A C W und B C W sind rechtwinkelige Dreiecke, können somit construirt werden, wenn eine ihrer Seiten (z. B. A C, beziehungsweise

Fig. 96.



Graphische Bestimmung der Wolkenhöhe.

B C) und einer ihrer Winkel (z. B. a', beziehungsweise b') bekannt sind. Man erhält also die Höhe h zweimal, nämlich einmal durch Construction des Dreieckes A C W, und ein zweites Mal durch Construction des Dreieckes B C W; ist die Construction (oder die Rechnung) richtig durchgeführt, so müssen offenbar beide Werte mit einander übereinstimmen, ein Umstand, der eine sehr erwünschte Probe auf die Richtigkeit der Höhenbestimmungen ermöglicht.

Nachstehendes Beispiel wird obige Erläuterungen dem Verständnisse näher bringen. Auf der linken Hälfte der Figur 96 ist die Entfernung der beiden Beobachter durch die Linie A B dargestellt; die drei, von der Haupt-

figur getrennt gezeichneten Winkel a, b und b' stellen der Reihe nach den von dem Beobachter in A gemessenen Horizontalwinkel (das Azimut), den von dem Beobachter in B gemessenen Horizontalwinkel und den von ebendemselben gemessenen Höhenwinkel dar. (Der von dem Beobachter in A bestimmte Höhenwinkel kann, wie bereits erwähnt, bei der Construction unbenützt bleiben). Um nun aus diesen vier Größen die Höhe h zu bestimmen, haben wir zunächst das Dreieck A B C zu construiren (vergl. Figur 95 stets mit Figur 96); man zieht zu diesem Behufe die Linie A_1 B_1 gleich lang mit A B, überträgt dann den Winkel a nach A_1 und den Winkel b nach B_1, so daß also a_1 gleich ist a und b_1 gleich ist b; verlängert man hierauf die Schenkel dieser Winkel bis zu ihrem Durchschnittspunkte bei C_1, so ist die Construction des Dreieckes A_1 B_1 C_1 (gleich dem Dreiecke A B C in Figur 95) vollendet. Um die Höhe h zu erhalten, ist nun noch das Dreieck B C W, Figur 95, zu construiren, von welchem wir nun bereits die Seite B C (in unserem Constructionsbeispiele B_1 C_1) kennen, den Winkel b' gemessen haben und wissen, daß der Winkel bei C ein rechter ist. Um somit das Dreieck B C W, und sonach die Höhe h zu erhalten, haben wir in unserem Constructionsbeispiele auf der Seite C_1 B_1 eine Senkrechte C_1 W_1 im Punkte C_1 zu errichten, den Höhenwinkel b' nach B_1 zu übertragen und den Winkelschenkel bis zu seinem Durchschnittspunkte W, mit der Senkrechten zu verlängern; in dem so erhaltenen Dreiecke B_1 C_1 W_1 (entsprechend dem Dreiecke B C W in Figur 95) ist die Höhe h durch die Linie C_1 W_1 gefunden. Betrug also die Entfernung A B der beiden Beobachter von einander 1000 Meter, so ergibt die Construction nach beistehendem Maßstabe und für die durch a b b' dargestellten Größen der durch Messung bestimmten Winkel eine Höhe h der Wolke über der Erdoberfläche von 1200 Meter.

Zu den von Ekholm und Hagström mit ihrer Messungsmethode erzielten Resultaten übergehend, muß zunächst bemerkt werden, daß die Höhen bis auf einen Meter berechnet wurden, eine Genauigkeit, die wohl auch den strengsten Anforderungen Genüge leistet. Zu diesen Berechnungen dienten 1457 verschiedene Messungen von 812 in den Jahren 1884 und 1885 beobachteten verschiedenen Wolken; die Resultate sind in nachstehender Tabelle auszugsweise wiedergegeben:

Mittlere, größte und kleinste Höhen der verschiedenen Wolkenformen in Meter.

	Mittel	Maximum	Minimum
Stratus	623	994	414
Nimbus	1527	3700	213

	Mittel	Maximum	Minimum
Cumulus (Gipfel)	1855	3611	900
Cumulus (Basis)	1386	2143	730
Cumulo-Stratus (Gipfel) . . .	2848	5970	1400
Cumulo-Stratus (Basis) . . .	1405	1630	1180
Strato-Cumulus	2331	4324	887
Cirro-Cumulus	6465	10235	3880
Niedriger Cirro-Stratus	5198	5657	4740
Hoher Cirro-Stratus-Schleier . .	9254	11391	6840
Cirrus	8878	13376	4970

Die Messungen ergaben ferner, daß die Wolkenhöhen veränderlich sind mit der Tageszeit und glauben die Beobachter diesbezüglich für die Cumulus-Wolken (und Cumulo-Stratus) folgende Sätze aussprechen zu dürfen:

1. Die Höhe der Basis oder Grundfläche der Cumulus-Wolken steigt allmählich von Morgen bis Abend.

2. Die Höhe der Gipfel und die Mächtigkeit oder Dicke hat ein Maximum um 1 Uhr 30 Minuten Nachmittags.

3. Der Zuwachs am Vormittage ist schneller als die Abnahme gegen Abend.

Auch glauben die Beobachter für sämmtliche Wolken den Satz aussprechen zu können: Die mittlere Höhe sämmtlicher Wolken steigt im Laufe des Tages, und beläuft sich diese Aenderung auf nahezu 2000 Meter. In Bezug auf die Häufigkeit der Cirrus-Wolken ergab sich folgendes Resultat: Morgens, wenn die Cirrus-Wolken am niedrigsten gehen, ist die Frequenz der niedrigsten Formen, der Cirro-Cumuli, am größten; Abends, wenn die Höhe der Cirrus-Wolken am größten ist, ist auch die Frequenz der höchsten Formen, Cirro-Stratus, am größten. Die Wolkenhöhen wurden ferner auch im Zusammenhange mit dem Witterungscharakter studirt und hierbei für den gleichmäßig vertheilten Luftdruck (gewitterdrohend) aus 87 Beobachtungen nachstehende Resultate erhalten:

Mittlere Höhen in Metern.

Stratus		—
Nimbus		2537
Cumulus, oder Cumulo-Stratus	Gipfel	2571
	Basis	1405
Strato-Cumulus		2225
Cirro-Cumulus		6873
Cirrus		10501

Bemerkenswert ist auch noch, daß die Höhe der Basis der Cumuli für verschiedene Barometerstände beinahe constant bleibt, die Gipfel aber am höchsten emporragen bei Gewittern, wo die gewaltigen Cumulo-Stratusmassen eine Mächtigkeit von mehreren Kilometern erreichen.

Wir können an dieser Stelle den Wunsch nicht unterdrücken, es möchten derartige umfassende und exacte Messungen von möglichst vielen meteorologischen Instituten, oder überhaupt an möglichst vielen verschiedenen Punkten der Erdoberfläche ausgeführt werden, um hierdurch die locale Beschränkung aufzuheben und zu allgemein giltigen Resultaten zu gelangen.

Eine weitere Frage, die sich uns bei der Betrachtung der Gewitterwolken aufdrängt, geht dahin, woher die Elektricität der Gewitterwolke kommt. Es ist wohl einleuchtend, daß die schwache atmosphärische Elektricität, welche mit unseren Instrumenten stets in höherem oder geringerem Grade nachgewiesen werden kann, nicht ausreicht, um ohneweiters jene mächtigen Spannungen zu erklären, von welchen die oft zahlreichen, von einer einzigen Wolke entsendeten Blitzstrahlen beredtes Zeugniß ablegen. Es muß also mindestens noch ein Umstand hinzutreten, durch welchen die schwache atmosphärische Elektricität, wenn diese überhaupt als Ursache der Gewitterelektricität angesehen werden soll, veranlaßt wird, sich in der Gewitterwolke anzusammeln oder zu concentriren, und zwar in einer Weise, welche die zuweilen in kurzen Pausen aufeinanderfolgenden Blitzstrahlen aus einer und derselben Wolke ermöglicht.

Wurde zwar schon weiter oben auf die Entstehung der Gewitterelektricität wiederholt hingewiesen, so bedarf diese wichtige Frage doch noch einer eingehenderen Würdigung. Elster und Geitel halten, wie bereits erwähnt (S. 183), die gewöhnliche atmosphärische Elektricität für ausreichend, die Erscheinungen der Gewitterelektricität zu erklären, indem sie annehmen, die Gewitterwolke wirke wie ein selbstthätig wirksamer Duplicator. Auch jener Erklärungen wurde bereits gedacht (S. 201 u. f.), durch welche die Erzeugung der Gewitterelektricität auf Reibungsprocesse zwischen Wasser- und Eistheilchen zurückgeführt wird. Hier mag auch in Kürze jene Theorie der Elektricitätsbildung bei Gewittern angedeutet werden, welche Spring auf Grund einzelner Beobachtungen aufstellen zu sollen glaubt.

Von einer 2198 Meter hoch auf dem Ewigschneehorn gelegenen Sennhütte aus beobachtete Spring nämlich ein von starkem Hagelfalle begleitetes Gewitter. Nicht ein Regentropfen fiel herab, dafür aber nahm die Intensität des Hagelfalles nach jedem Blitze zu. Nach Verlauf von einer halben Stunde ging der Hagelfall in Regen über und gleichzeitig nahmen die elektrischen Entladungen ab. Als Spring vom Tosafalle zum Giacomopasse aufstieg, veranlaßte ihn ein Gewitter unter Begleitung von Regen und Hagel in einer

Sennhütte Unterstand zu suchen. Als das Gewitter vorübergezogen war, sah er alle Berge mit einer dicken Schichte von Hagelkörnern bedeckt. Hieraus wurde nun der Schluß gezogen, die Gewitterelektricität entstehe in der Hagelregion, und zwar auf zweifache Art. Schon das Zusammenfrieren kleiner Eistheilchen an und für sich soll wegen Verkleinerung der Oberflächen Elektricität erregend wirken, und ferner soll, worauf Spring das Hauptgewicht legt, die Reibung der trockenen Luft an dem sich frisch bildenden Eise Elektricität erregen. Gegen die Annahme der erstgenannten Ursache der Elektricitätserregung läßt sich einwenden, daß eine Zunahme der elektrischen Spannung durch Verkleinerung der Oberfläche nur dann eintreten kann, wenn gut leitende Körper in Betracht kommen, nicht aber bei den sehr schlecht leitenden Eistheilchen; überdies müßten diese bereits elektrisch sein. Spring's zweite Annahme steht im directen Widerspruche mit den weiter oben (S. 197) bereits erwähnten Versuchen Faraday's, wonach die Reibung reiner, trockener Luft an festen Körpern nicht elektricitätserregend wirkt. Spring hält seine Ansicht trotzdem aufrecht, indem er behauptet, bei Faraday's Versuchen sei die Luft gegen Körper zur Reibung gebracht worden, die, wie alle Körper mit der diesen anhaftenden Oberflächen- oder Luftschichte überzogen waren; es sei daher in diesen Experimenten, streng genommen, eigentlich doch nur Luft gegen diese Oberflächenschichte (Luftschichte) zur Reibung gebracht worden. Die Hagelkörner sind hingegen unmittelbar nach ihrer Entstehung noch nicht mit einer solchen Schichte überzogen und reiben sich daher mit reinen Flächen gegen die Luft.

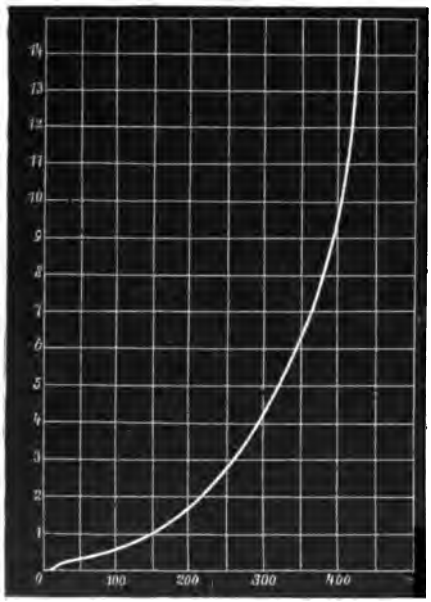
Spring suchte diese Auslegung der Faraday'schen Versuche zwar auch experimentell zu begründen, doch kam bei diesbezüglichen Experimenten weder Eis zur Verwendung, noch waren auch die Resultate unzweideutig; Elster und Geitel gelang es gleichfalls nicht, Spring's Versuche mit Erfolg zu wiederholen. Da ferner nicht jedes Gewitter mit Hagelfall verbunden ist, muß Spring annehmen, der in höheren Regionen gebildete Hagel löse sich auf seinem Falle zur Erde wieder in Regen auf. Auch diese Annahme ist sehr unwahrscheinlich, denn einerseits ziehen viele Gewitter so nieder, daß eine derartige Umwandlung der Hagelkörner in Regen nicht gut angenommen werden kann und andererseits verräth sich fallender Hagel auch auf große Entfernung hin durch sein besonderes Aussehen; solche Hagelstreifen werden aber doch nur selten beobachtet.

Pellat geht von der Ansicht aus, die Erde habe bei ihrer Entstehung eine bestimmte Ladung mit negativer Elektricität erhalten; diese könne sie nicht verlieren, da die Erde als ein im Weltraume isolirter Körper zu betrachten sei. Zwar kann sich diese negative Elektricität auch in der Atmosphäre verbreiten, aber nie in dem Weltraum zerstreut werden, da ja jeder Regen die Elektricität

aus der Atmosphäre auf die Erde wieder zurückführt. Diese Rückführung der negativen Elektricität zur Erde kann auch stattfinden, trotzdem die Erde selbst negativ elektrisch ist, weil die zwischen den beiden gleichnamigen Elektricitäten wirksame Abstoßungskraft durch die Schwerkraft überwunden wird.

Gesteht man die Richtigkeit der eben entwickelten Ansicht zu, dann hat es aber nach Pellat keine Schwierigkeit, die Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität und auch jene der Gewitterelektricität zu erklären. Die Erde ist dann von einem elektrischen Felde umgeben, in welchem jeder Leiter, der in dasselbe hineingelangt, durch Influenz je nach seiner Stellung mehr oder minder elektrisch werden muß; die Influenzwirkung muß daher auch auf die Wolken zur Geltung kommen, da Pellat diese für hinlänglich gute Leiter hält. Bildet sich also bei ursprünglich heiterem Himmel eine Wolke, so wird diese durch die Influenzwirkung der negativ elektrischen Erde in ihrer oberen Hälfte negativ, in ihrer unteren Hälfte eben so stark positiv elektrisch. Trennt nun ein Windstoß die beiden Hälften von einander, so sind zwei Wolken gebildet, von welchen die eine positiv, die andere negativ elektrisch ist. Die elektrische Spannung, welche vor der Trennung der beiden Wolkenhälften annähernd dieselbe war, muß sich ändern, wenn diese sich von einander getrennt haben; sie wird in der oberen, negativ elektrischen Wolke abnehmen und zwar umsomehr, je tiefer sich diese Wolke senkt, in der unteren positiven Wolke hingegen zunehmen in dem Maße, als diese sich erhebt. Es entsteht somit zwischen beiden Wolken eine Spannungsdifferenz, die desto bedeutender anwächst, je größer die Höhendifferenz beider Wolken wird; diese kann aber bei Gewitterstürmen eine sehr bedeutende Größe erreichen und hieraus würden jene Spannungen resultiren, welche die mächtigsten Blitzstrahlen ermöglichen.

Fig. 97.



Verhältniß der Funkenlänge zur Spannung.

Pellat weist auch noch darauf hin, daß die Spannung keine gar so enorme zu sein braucht, um selbst die längsten Blitze zu erklären, da nach Mascart's Versuchen die Länge des elektrischen Funkens beträchtlich schneller

wächst, als die Spannung zunimmt. Dieses Steigen der Funkenlänge ist durch die Curve in Figur 97, einer graphischen Darstellung der Mascart'schen Versuchsresultate, anschaulich dargestellt; die Spannungen wurden hierbei in horizontaler Richtung (d. h. als Abscissen), die dazu gehörigen Funkenschlagweiten in verticaler Richtung (d. h. als Ordinaten) aufgetragen. Man ersieht hieraus, daß, während für eine Spannung von 100 Einheiten die Funkenschlagweite kaum 0·5 Centimeter beträgt, diese schon auf über 1·5 Centimeter gestiegen ist für 200 Einheiten, daß der Funke bei 300 Einheiten bereits länger als 4 Centimeter wird, bei 400 Einheiten schon eine Länge von 9 Centimeter überschreitet u. s. w.

F. Exner geht zwar gleichfalls von der Peltier'schen Annahme, die Erde besitze eine ursprüngliche negativ elektrische Ladung, aus, kann aber der Erklärungsweise Pellat's, wonach die untere Hälfte einer Wolke durch Influenz positiv, die obere negativ elektrisch werden soll, nicht beistimmen, da ein solcher Vorgang die Wolke in ihrer ganzen Masse als leitend voraussetzt. Mit einer solchen Voraussetzung stehen aber Exner's Beobachtungen und Messungen im Widerspruche, ja selbe führen im Gegentheile zu der Annahme hin, man habe die Wolkenmassen als Isolatoren aufzufassen. Nach Exner dürften die bei Gewittern wirksamen Spannungen ihren Grund nicht so sehr in der localen Anhäufung elektrischer Massen haben, als vielmehr in der gegenseitigen Lage der letzteren im elektrischen Felde (d. h. Wirkungskreis) der Erde. Auch muß die bei der Regenbildung eintretende Condensation, die sehr beträchtlich ist, eine bedeutende Steigerung der Spannung durch Verkleinerung der Oberfläche bewirken. Es erhellt dies aus directen mikroskopischen Messungen der kleinsten Wassertröpfchen, welche in den Wolken vorkommen; diese Messungen ergaben

nach	Waller	Durchmesser von	0·0001—0·015	Millimeter
»	Dines	»	0·016 —0·033	»
»	Aßmann	»	0·018 —0·035	»

Die ursprüngliche schwache elektrische Ladung dieses kleinsten Tröpfchens erklärt Exner, wie bereits erwähnt (S. 189), dadurch, daß das Wasser bei seinem Verdampfen von der Erdoberfläche Elektricität mit sich führt.

Als indirecte Ursache der Gewitterelektricität bezeichnet auch Wettstein die Condensation des Wasserdampfes. Ihn leitete hierbei folgender Gedankengang. Bei der Condensation des Wasserdampfes wird eine bedeutende Wärmemenge frei, die weder durch Leitung entweichen kann, da die umgebende Luft nahezu einen Wärmeisolator darstellt, noch auch durch Strahlung, da diese durch die über der Gewitterwolke ausgebreitete Cirrusdecke hintangehalten wird.

Auch den Wärmeverbrauch durch Mengung mit kalten Luftſtrömungen läß
Wettſtein aus verſchiedenen Gründen nicht gelten, ſondern kommt vielmeh
zu dem Schluſſe, die Wärme werde in Elektricität umgewandelt. Die negativ
Elektricität ſoll hierbei von den Waſſertheilchen aufgenommen werden, di
dann als Regentropfen aus der Gewitterwolke herabfallen, die Luft bis zu
Condenſation des Waſſerdampfes abkühlen und ſo die Wolke nach abwärt
zu fortbilden. Der Regen kann während ſeines Falles auch die ganze negati
Elektricität an die Luft abgeben und ſchließlich ſogar poſitiv elektriſch auf d
Erde gelangen. Elektriſche Entladungen kommen durch eine ſehr raſche Co
denſation und damit verbundene erhöhte Elektricitätserregung zuſtande. D
durch eine oder einige ſolche Entladungen die Gewitterwolke nicht vollſtändi
entladen zu werden braucht, ſo kann dieſer Rückſtand die Urſache der gewöh
lichen atmoſphäriſchen Elektricität ſein. Erſcheint nun auch Wettſtein's An
nahme einer directen Umwandlung von Wärme in Elektricität nicht gerad
phyſikaliſch unmöglich, ſo hat doch dieſer gänzlich unvermittelte Weg nicht vie
Wahrſcheinlichkeit für ſich.

Daß auch Jordan in der Condenſation und zwar in der damit ver
bundenen Oberflächenverkleinerung der Waſſertröpfchen die Urſache der Ge
witterelektricität erkennt und daß Palmieri der Condenſation die Erregun
der Elektricität zuſchreibt, ergab ſich bereits weiter oben (S. 184 u. ff.
Gelegenheit zu erwähnen. Hingegen möge an dieſer Stelle noch der Anſichte
Tait's und Fick's gedacht werden.

Tait, auf die Lehren der (kinetiſchen) Gastheorie Bezug nehmend
ſprach ſich diesbezüglich in der ſchottiſchen meteorologiſchen Geſellſchaft in nach
ſtehender Weiſe aus: »Die Gastheorie lehrt, daß in einem Kubikzoll geſättigte
Waſſerdampfes bei gewöhnlichem Atmoſphärendrucke etwa 300 Trillione
Theilchen enthalten ſind. Dies entſpricht beiläufig $^1/_{1600}$ Kubikzoll Waſſe
d. h. einem Regentropfen von gewöhnlicher Größe. Wenn aber jedes Dampf
theilchen durch irgend eine Urſache elektriſirt war und zwar ſo, daß alle di
gleiche Spannung erhielten, ſo würde nach ihrer Vereinigung zu einer
Regentropfen die Spannung des letzteren fünfzigbillionenmal größer ſein.

Hieraus erſieht man, daß, wenn es irgend eine Urſache gibt, welch
jedem Dampftheilchen auch nur eine ſo geringe Ladung ertheilt, daß dieſ
ſelbſt mit unſeren empfindlichſten Elektrometern unmeßbar bleibt — die Ver
einigung dieſer Dampftheilchen zu einem Waſſertropfen dennoch die Ladun
der ſchrecklichſten Gewitterwolke erklären würde.«

Zur Erklärung dieſer anfänglichen, ſchwachen Ladung hält Tait ſcho
die Berührung der Dampf- mit den Lufttheilchen für ausreichend; es wär
hiernach die Quelle der atmoſphäriſchen Elektricität dieſelbe wie jene der Volt

elektricität. Tait versuchte seine Ansichten auch experimentell zu stützen — jedoch ohne Erfolg und zwar nach seiner Meinung deshalb, weil die Versuche in zu kleinem Maßstabe ausgeführt wurden; ein Resultat könne erst dann erlangt werden, wenn die von einzelnen Privaten unerschwinglichen Mittel freigebig von einer Nation gewährt würden.

A. Fick sieht in der Gewitterelektricität gleichfalls die plötzliche Concentration schon vorhandener freier Elektricitätsmengen und zwar durch Condensation der Wasserdämpfe. Es ist nicht unberechtigt anzunehmen, daß die kleinen Wassertröpfchen oder Bläschen, aus welchen die Wolken bestehen, irgend eine gleichartige, wenn auch noch so schwache Ladung besitzen, da bei ihrer Entstehung oder Bewegung wohl stets Kräfte ins Spiel kommen werden, welche in irgend einem Maße elektricitätserregend wirken. Vereinigen sich nun aber viele solcher Tröpfchen oder Bläschen plötzlich zu einem großen Tropfen, so muß dies eine bedeutende Verminderung der Oberfläche und daher Vermehrung der Spannung zur Folge haben.

Nimmt man z. B. den Durchmesser eines kleinsten Tröpfchens zu 0·001 Millimeter an, jenen des durch die Condensation gebildeten Regentropfens zu 1 Millimeter, so würden sich daraus für den Kubikinhalt eines kleinen Tröpfchens rund 0·000000004 Kubikmillimeter, für dessen Oberfläche 0·000012 Quadratmillimeter ergeben; es müssen tausend Millionen solcher Tröpfchen zu einem Tropfen zusammenstehen, damit der Inhalt dieses großen Tropfens beiläufig 4 Kubikmm. ausmacht, seine Oberfläche 12 Quadratmm. beträgt. Somit wird durch einen solchen Condensationsproceß die Oberfläche tausendmal kleiner und daher die elektrische Spannung tausendmal größer. Sind es aber gar hohle Nebelbläschen, so muß die Spannung noch bedeutend mehr zunehmen. Als Ursache einer solchen plötzlichen Condensation ist wohl das Hereinbrechen kalter Luftströme anzusehen. Ein thatsächlicher Zusammenhang zwischen einer derartigen Condensation und den Blitzschlägen ist kaum in Abrede zu stellen, da schon jedermann häufig Gelegenheit gehabt hat, das Zusammentreffen starker Regengüsse mit Blitzen zu beobachten. Während einige andere Forscher im Blitze die Ursache und im verstärkten Regen die Wirkung erkennen, glaubt Fick im Gegentheil die verstärkte Condensation als Ursache und den Blitz als Wirkung annehmen zu müssen. Daß der verstärkte Regen häufig erst unmittelbar nach dem Blitze eintritt, steht mit seiner Ansicht nicht im Widerspruche, da ja der Blitz fast im Augenblicke seines Entstehens wahrgenommen wird, während die Regentropfen eine gewisse Zeit brauchen, um von den Wolken auf die Erde herabzugelangen.

Gegen Fick's Ansicht könnten zweierlei Einwürfe erhoben werden, nämlich: Warum sind nicht alle Regen von Blitzen begleitet, und warum ent-

ſtehen Blitze auch ohne Regen? Dagegen läßt ſich aber einwenden, daß d
geſteigerte elektriſche Spannung bei allmählicher Tropfenbildung auch allmä
lich, d. h. ohne ſichtbare Entladung verloren gehen kann. In Bezug auf d
letzterwähnten Einwand bemerkt Fick, daß auch in den Fällen, in welch
Blitze ohne Regen erfolgen, doch Tropfen in der blitzenden Wolke gebil
werden, daß dieſelben aber beim Durchfallen einer unter der Wolke befin
lichen ſehr trockenen Luftſchichte wieder verdampfen. In Uebereinſtimmu
mit dieſer Theorie befindet ſich Meydenbauer, und auch Klein war v
längerer Zeit zu ähnlichen Reſultaten gelangt.

Für die Erklärung der Gewitterelektricität iſt es zweifelsohne von B
lang, den Zuſtand der Gewitterwolke ſelbſt zu erforſchen, d. h. dieſen dur
directe Beobachtungen in der Wolke feſtzuſtellen; leider ſtehen uns diesbezügli
bis jetzt noch ſehr wenige derartige Beobachtungen zur Verfügung; einige de
ſelben, von H. J. Klein mitgetheilt, mögen nachſtehend wiedergegeben werde

Ein Fall merkwürdiger Trockenheit der Luft wurde von De Lüc con
ſtatirt. Dieſer Phyſiker befand ſich auf dem Buet bei einer Temperatur vo
6 Grad R. über Null, während das Hygrometer 66·5 Grad vom Punkt
der größten Feuchtigkeit entfernt war. Plötzlich bildeten ſich in ſeiner Näh
dichte Wolken und mahnten zur Umkehr; ſie dehnten ſich raſch aus, bedeckte
den Gipfel des Berges und bald den ganzen Horizont. Es entwickelte ſich dabe
ein von Sturm, Hagel und Regen begleitetes Gewitter, das zu den heftigſte
zählte, die De Lüc erlebt hatte. Der Regen dauerte nach Aufhören des Un
wetters noch bis zum folgenden Mittage unverändert an. Als der genannt
Forſcher das Hygrometer in einer Zwiſchenpauſe beobachtete, zeigte es noc
unverändert dieſelbe Trockenheit wie vorher, und ſelbſt von den Wolken um
hüllt, mitten im ſtrömenden Regen zeigte der Zeiger doch nur eine 1·7 Gra
größere Feuchtigkeit, als zwei Tage zuvor, bei ſchönem Wetter und 24 Gra
Wärme. Dieſe auffallende Trockenheit in jenen Schichten, in welchen ſich da
Gewitter ausbildete und aus denen mächtige Regenmaſſen niederſtürzten, i
eine der merkwürdigſten und vollkommen unerklärten Thatſachen.

Als Abbé Richard ſich gegen Ende Auguſt 1750 in dem kleinen Ge
birge von Boyer (bei Chalons-sur-Saône) in etwa drei Viertel der Höh
desſelben befand, wurde er von einer Gewitterwolke umhüllt. Von dieſe
Augenblicke an machte ſich, nach ſeiner Beſchreibung, das Gewitter keineswe
mehr durch heftige Donner mit ruhigen Intervallen bemerklich, ſondern vie
mehr durch ein beſtändiges Geräuſch, ähnlich demjenigen, welches durch Rolle
von Nüſſen über einen Fußboden hervorgebracht wird. Auf dem Gipfel de
Gebirges angelangt, ſah der Beobachter die Gewitterwolke unter ſich; ſi
ſandte noch fortwährend Blitze aus, denen ſtarke Donner folgten.

Als Schneider den Untersberg von Glaneck bestieg, wurde er plötzlich von einem gewaltigen Nebel überfallen, der sich von der Ebene aus gesehen als Gewitterwolke mit Blitz und Donner darstellte. Die Aussicht, erzählt der Beobachter, war anfangs so vollständig ungetrübt, daß man die Eisnadeln des Groß-Glockners ebenso scharf und klar erkennen konnte, wie die Eisfelder des Dachsteins, der steirischen Alpen und die entfernten Punkte der baierischen Hochebene. Da erblickte man plötzlich, daß sich um die schön geformte Felspyramide des mittleren Staufens (nordwestlich von Reichenhall) eine scharf abgegrenzte, dicke Wolke hervordrängte, die sogleich gerechte Besorgniß über den Ausgang der ganzen Bergbesteigung erweckte. Es war beschlossen, sich nach der Schweigmülleralm zu wenden . . . Unterdessen waren die drohenden Wolkenmassen, mehr und mehr anwachsend, herangerückt, und mit ihrem Näherkommen schien die Schnelligkeit ihres Fluges zuzunehmen . . . In wenigen Augenblicken hatten uns die Massen erreicht, die sich nun an der Berglehne aufthürmten und uns vollständig in fast greifbar dichten Nebel hüllten, aus dem ein alles durchdringender Regen auf uns niederströmte. Die ganze Wolke bestand aus dichten Wolkenmassen; in denselben aber schwammen bandartige Streifen noch dichteren Nebels, die, deutlich unterscheidbar von der Hauptmasse und doch nicht greif- und in ihrem Ganzen bestimmbar, lautlos gespenstisch um uns herum und durch die eng verflochtenen Aeste der Latschensträuche zogen. Die Wolke, welche bei ihrem Herannahen keine Gewittererscheinungen wahrnehmen ließ, hatte sich nach ihrem Anlehnen an die Berglehne, wie man im Thale wahrnahm, in mehreren starken Schlägen entladen, von denen die Beobachter nur zweimal ein schwaches dumpfes Rollen unterschieden, aber von Blitzen keine Spur sahen.

Die angeführten Beobachtungen scheinen den Schluß zu rechtfertigen, daß Beobachter, die sich inmitten einer Gewitterwolke befinden, den elektrischen Zustand ebenso wenig wahrnehmen, als der Beobachter in der Ebene die Elektricität der Erde fühlt.

H. J. Klein erzählt auch eine Beobachtung, welche beweist, wie unter gewissen eigenthümlichen Verhältnissen der ganze Zwischenraum zwischen einer Gewitterwolke und der Erde so sehr mit Elektricität geladen erscheinen kann, daß diese sich ohneweiters schon durch einen eigenthümlichen, saueren, prickelnden Geschmack bemerkbar macht. Dies fand am 11. August 1859 statt zu Waldenburg in Schlesien, wo sich reiche Kohlengruben befinden. Eine ganze Gewitterwolke schien damals, gegen 4 Uhr Nachmittags, plötzlich in Feuer zu stehen. Als ein Zug Störche der Wolke nahekam, fiel jener plötzlich aus der Luft herab. Sieben von den Thieren waren todt, die übrigen flatterten taumelnd umher, erholten sich jedoch bald wieder.

Auch den Wärmeverbrauch durch Mengung mit kalten Luftströmungen läßt Wettstein aus verschiedenen Gründen nicht gelten, sondern kommt vielmehr zu dem Schlusse, die Wärme werde in Elektricität umgewandelt. Die negative Elektricität soll hierbei von den Wassertheilchen aufgenommen werden, die dann als Regentropfen aus der Gewitterwolke herabfallen, die Luft bis zur Condensation des Wasserdampfes abkühlen und so die Wolke nach abwärts zu fortbilden. Der Regen kann während seines Falles auch die ganze negative Elektricität an die Luft abgeben und schließlich sogar positiv elektrisch auf die Erde gelangen. Elektrische Entladungen kommen durch eine sehr rasche Condensation und damit verbundene erhöhte Elektricitätserregung zustande. Da durch eine oder einige solche Entladungen die Gewitterwolke nicht vollständig entladen zu werden braucht, so kann dieser Rückstand die Ursache der gewöhnlichen atmosphärischen Elektricität sein. Erscheint nun auch Wettstein's Annahme einer directen Umwandlung von Wärme in Elektricität nicht gerade physikalisch unmöglich, so hat doch dieser gänzlich unvermittelte Weg nicht viel Wahrscheinlichkeit für sich.

Daß auch Jordan in der Condensation und zwar in der damit verbundenen Oberflächenverkleinerung der Wassertröpfchen die Ursache der Gewitterelektricität erkennt und daß Palmieri der Condensation die Erregung der Elektricität zuschreibt, ergab sich bereits weiter oben (S. 184 u. ff.) Gelegenheit zu erwähnen. Hingegen möge an dieser Stelle noch der Ansichten Tait's und Fick's gedacht werden.

Tait, auf die Lehren der (kinetischen) Gastheorie Bezug nehmend, sprach sich diesbezüglich in der schottischen meteorologischen Gesellschaft in nachstehender Weise aus: »Die Gastheorie lehrt, daß in einem Kubikzoll gesättigten Wasserdampfes bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke etwa 300 Trillionen Theilchen enthalten sind. Dies entspricht beiläufig $^1/_{1600}$ Kubikzoll Wasser, d. h. einem Regentropfen von gewöhnlicher Größe. Wenn aber jedes Dampftheilchen durch irgend eine Ursache elektrisirt war und zwar so, daß alle die gleiche Spannung erhielten, so würde nach ihrer Vereinigung zu einem Regentropfen die Spannung des letzteren fünfzigbillionenmal größer sein.

Hieraus ersieht man, daß, wenn es irgend eine Ursache gibt, welche jedem Dampftheilchen auch nur eine so geringe Ladung ertheilt, daß diese selbst mit unseren empfindlichsten Elektrometern unmeßbar bleibt — die Vereinigung dieser Dampftheilchen zu einem Wassertropfen dennoch die Ladung der schrecklichsten Gewitterwolke erklären würde.«

Zur Erklärung dieser anfänglichen, schwachen Ladung hält Tait schon die Berührung der Dampf- mit den Lufttheilchen für ausreichend; es wäre hiernach die Quelle der atmosphärischen Elektricität dieselbe wie jene der Volta-

elektricität. Tait versuchte seine Ansichten auch experimentell zu stützen — jedoch ohne Erfolg und zwar nach seiner Meinung deshalb, weil die Versuche in zu kleinem Maßstabe ausgeführt wurden; ein Resultat könne erst dann erlangt werden, wenn die von einzelnen Privaten unerschwinglichen Mittel freigebig von einer Nation gewährt würden.

A. Fick sieht in der Gewitterelektricität gleichfalls die plötzliche Concentration schon vorhandener freier Elektricitätsmengen und zwar durch Condensation der Wasserdämpfe. Es ist nicht unberechtigt anzunehmen, daß die kleinen Wassertröpfchen oder Bläschen, aus welchen die Wolken bestehen, irgend eine gleichartige, wenn auch noch so schwache Ladung besitzen, da bei ihrer Entstehung oder Bewegung wohl stets Kräfte ins Spiel kommen werden, welche in irgend einem Maße elektricitätserregend wirken. Vereinigen sich nun aber viele solcher Tröpfchen oder Bläschen plötzlich zu einem großen Tropfen, so muß dies eine bedeutende Verminderung der Oberfläche und daher Vermehrung der Spannung zur Folge haben.

Nimmt man z. B. den Durchmesser eines kleinsten Tröpfchens zu 0·001 Millimeter an, jenen des durch die Condensation gebildeten Regentropfens zu 1 Millimeter, so würden sich daraus für den Kubikinhalt eines kleinen Tröpfchens rund 0·000000004 Kubikmillimeter, für dessen Oberfläche 0·000012 Quadratmillimeter ergeben; es müssen tausend Millionen solcher Tröpfchen zu einem Tropfen zusammenstehen, damit der Inhalt dieses großen Tropfens beiläufig 4 Kubikmm. ausmacht, seine Oberfläche 12 Quadratmm. beträgt. Somit wird durch einen solchen Condensationsproceß die Oberfläche tausendmal kleiner und daher die elektrische Spannung tausendmal größer. Sind es aber gar hohle Nebelbläschen, so muß die Spannung noch bedeutend mehr zunehmen. Als Ursache einer solchen plötzlichen Condensation ist wohl das Hereinbrechen kalter Luftströme anzusehen. Ein thatsächlicher Zusammenhang zwischen einer derartigen Condensation und den Blitzschlägen ist kaum in Abrede zu stellen, da schon jedermann häufig Gelegenheit gehabt hat, das Zusammentreffen starker Regengüsse mit Blitzen zu beobachten. Während einige andere Forscher im Blitze die Ursache und im verstärkten Regen die Wirkung erkennen, glaubt Fick im Gegentheil die verstärkte Condensation als Ursache und den Blitz als Wirkung annehmen zu müssen. Daß der verstärkte Regen häufig erst unmittelbar nach dem Blitze eintritt, steht mit seiner Ansicht nicht im Widerspruche, da ja der Blitz fast im Augenblicke seines Entstehens wahrgenommen wird, während die Regentropfen eine gewisse Zeit brauchen, um von den Wolken auf die Erde herabzugelangen.

Gegen Fick's Ansicht könnten zweierlei Einwürfe erhoben werden, nämlich: Warum sind nicht alle Regen von Blitzen begleitet, und warum ent-

stehen Blitze auch ohne Regen? Dagegen läßt sich aber einwenden, daß die gesteigerte elektrische Spannung bei allmählicher Tropfenbildung auch allmählich, d. h. ohne sichtbare Entladung verloren gehen kann. In Bezug auf den letzterwähnten Einwand bemerkt Fick, daß auch in den Fällen, in welchen Blitze ohne Regen erfolgen, doch Tropfen in der blitzenden Wolke gebildet werden, daß dieselben aber beim Durchfallen einer unter der Wolke befindlichen sehr trockenen Luftschichte wieder verdampfen. In Uebereinstimmung mit dieser Theorie befindet sich Meydenbauer, und auch Klein war vor längerer Zeit zu ähnlichen Resultaten gelangt.

Für die Erklärung der Gewitterelektricität ist es zweifelsohne von Belang, den Zustand der Gewitterwolke selbst zu erforschen, d. h. diesen durch directe Beobachtungen in der Wolke festzustellen; leider stehen uns diesbezüglich bis jetzt noch sehr wenige derartige Beobachtungen zur Verfügung; einige derselben, von H. J. Klein mitgetheilt, mögen nachstehend wiedergegeben werden.

Ein Fall merkwürdiger Trockenheit der Luft wurde von De Lüc constatirt. Dieser Physiker befand sich auf dem Buet bei einer Temperatur von 6 Grad R. über Null, während das Hygrometer 66·5 Grad vom Punkte der größten Feuchtigkeit entfernt war. Plötzlich bildeten sich in seiner Nähe dichte Wolken und mahnten zur Umkehr; sie dehnten sich rasch aus, bedeckten den Gipfel des Berges und bald den ganzen Horizont. Es entwickelte sich dabei ein von Sturm, Hagel und Regen begleitetes Gewitter, das zu den heftigsten zählte, die De Lüc erlebt hatte. Der Regen dauerte nach Aufhören des Unwetters noch bis zum folgenden Mittage unverändert an. Als der genannte Forscher das Hygrometer in einer Zwischenpause beobachtete, zeigte es noch unverändert dieselbe Trockenheit wie vorher, und selbst von den Wolken umhüllt, mitten im strömenden Regen zeigte der Zeiger doch nur eine 1·7 Grad größere Feuchtigkeit, als zwei Tage zuvor, bei schönem Wetter und 24 Grad Wärme. Diese auffallende Trockenheit in jenen Schichten, in welchen sich das Gewitter ausbildete und aus denen mächtige Regenmassen niederstürzten, ist eine der merkwürdigsten und vollkommen unerklärten Thatsachen.

Als Abbé Richard sich gegen Ende August 1750 in dem kleinen Gebirge von Boyer (bei Chalons-sur-Saône) in etwa drei Viertel der Höhe desselben befand, wurde er von einer Gewitterwolke umhüllt. Von diesem Augenblicke an machte sich, nach seiner Beschreibung, das Gewitter keineswegs mehr durch heftige Donner mit ruhigen Intervallen bemerklich, sondern vielmehr durch ein beständiges Geräusch, ähnlich demjenigen, welches durch Rollen von Nüssen über einen Fußboden hervorgebracht wird. Auf dem Gipfel des Gebirges angelangt, sah der Beobachter die Gewitterwolke unter sich; sie sandte noch fortwährend Blitze aus, denen starke Donner folgten.

Als Schneider den Untersberg von Glaneck bestieg, wurde er plötzlich von einem gewaltigen Nebel überfallen, der sich von der Ebene aus gesehen als Gewitterwolke mit Blitz und Donner darstellte. Die Aussicht, erzählt der Beobachter, war anfangs so vollständig ungetrübt, daß man die Eisnadeln des Groß-Glockners ebenso scharf und klar erkennen konnte, wie die Eisfelder des Dachsteins, der steirischen Alpen und die entfernten Punkte der baierischen Hochebene. Da erblickte man plötzlich, daß sich um die schön geformte Felspyramide des mittleren Staufens (nordwestlich von Reichenhall) eine scharf abgegrenzte, dicke Wolke hervordrängte, die sogleich gerechte Besorgniß über den Ausgang der ganzen Bergbesteigung erweckte. Es war beschlossen, sich nach der Schweigmülleralm zu wenden . . . Unterdessen waren die drohenden Wolkenmassen, mehr und mehr anwachsend, herangerückt, und mit ihrem Näherkommen schien die Schnelligkeit ihres Fluges zuzunehmen . . . In wenigen Augenblicken hatten uns die Massen erreicht, die sich nun an der Berglehne aufthürmten und uns vollständig in fast greifbar dichten Nebel hüllten, aus dem ein alles durchdringender Regen auf uns niederströmte. Die ganze Wolke bestand aus dichten Wolkenmassen; in denselben aber schwammen bandartige Streifen noch dichteren Nebels, die, deutlich unterscheidbar von der Hauptmasse und doch nicht greif- und in ihrem Ganzen bestimmbar, lautlos gespenstisch um uns herum und durch die eng verflochtenen Aeste der Latschensträuche zogen. Die Wolke, welche bei ihrem Herannahen keine Gewittererscheinungen wahrnehmen ließ, hatte sich nach ihrem Anlehnen an die Berglehne, wie man im Thale wahrnahm, in mehreren starken Schlägen entladen, von denen die Beobachter nur zweimal ein schwaches dumpfes Rollen unterschieden, aber von Blitzen keine Spur sahen.

Die angeführten Beobachtungen scheinen den Schluß zu rechtfertigen, daß Beobachter, die sich inmitten einer Gewitterwolke befinden, den elektrischen Zustand ebenso wenig wahrnehmen, als der Beobachter in der Ebene die Elektricität der Erde fühlt.

H. J. Klein erzählt auch eine Beobachtung, welche beweist, wie unter gewissen eigenthümlichen Verhältnissen der ganze Zwischenraum zwischen einer Gewitterwolke und der Erde so sehr mit Elektricität geladen erscheinen kann, daß diese sich ohneweiters schon durch einen eigenthümlichen, saueren, prickelnden Geschmack bemerkbar macht. Dies fand am 11. August 1859 statt zu Waldenburg in Schlesien, wo sich reiche Kohlengruben befinden. Eine ganze Gewitterwolke schien damals, gegen 4 Uhr Nachmittags, plötzlich in Feuer zu stehen. Als ein Zug Störche der Wolke nahekam, fiel jener plötzlich aus der Luft herab. Sieben von den Thieren waren todt, die übrigen flatterten taumelnd umher, erholten sich jedoch bald wieder.

II.

Gewitterbeobachtungen.

Einen Programmpunkt für die Berathungen, welche während der zu Paris im Jahre 1882 abgehaltenen elektrischen Conferenz gepflogen wurden, bildeten auch die elektrischen Zustände der Erde. Man sah sich hierzu nicht nur durch rein wissenschaftliches Interesse veranlaßt, sondern ließ sich hierbei auch von praktischen Erwägungen leiten. Es ist allerdings richtig, daß ein planmäßiges, ununterbrochen betriebenes Studium der elektrischen Erscheinungen auf der Erde an möglichst vielen Punkten der letzteren sich schon aus dem Grunde lohnen dürfte, weil wir hoffen können, auf diesem Wege die Erklärung für manche Erscheinung zu finden, die wir gegenwärtig nur registriren und beschreiben können, jedoch nur sehr unvollkommen verstehen. Das praktische Interesse an der Lösung dieser Fragen wird aber im selben Maße gesteigert, als die ober- und unterirdischen Leitungen unserer Telegraphen- und Telephonanstalten an Ausbreitung gewinnen. Die Erweiterung unserer theoretischen Kenntnisse wird uns dann ermöglichen, Blitzableiter und überhaupt jede Art Schutzvorrichtungen gegen unliebsame Störungen elektrischer Natur unter vollständiger Sicherung des gewünschten Erfolges zu construiren und an bedrohten Orten anzuwenden.

Die Pariser Commission beschloß daher, den Regierungen die Unterstützung regelmäßiger Beobachtungen der atmosphärischen Elektricität überhaupt sowie der Gewitter insbesondere dringend anzuempfehlen. Leider ist jedoch ein derartiger einheitlich organisirter, permanenter Beobachtungsdienst noch nicht in jenem Umfange eingerichtet, wie ihn die Wichtigkeit

des Gegenstandes räthlich erscheinen läßt. Dort, wo ein solcher seit längerer oder kürzerer Zeit besteht, sind schon gegenwärtig schätzenswerte Resultate erzielt worden.

1. Der Gewitterbeobachtungsdienst in verschiedenen Ländern.

Bevor wir uns mit den Beobachtungen und den hierbei erzielten Resultaten beschäftigen, soll zunächst angedeutet werden, in welcher Art der Beobachtungsdienst in verschiedenen Ländern organisirt wurde.

In Deutschland begann der regelmäßige Beobachtungsdienst mit 1. April 1882. Es wurden zu diesem Behufe im deutschen Reichs-Telegraphengebiete alle die in die Leitungen für den Verkehr mit dem Auslande sowie für den internen Verkehr zwischen den größeren und mittleren Orten (die sogenannten Leitungen erster, zweiter und dritter Classe) eingeschalteten Telegraphenanstalten und die End- und Trennanstalten in den Leitungen beauftragt, über Dauer, Richtung u. s. w. der dort vorkommenden Gewitter Aufzeichnungen zu machen. Was die Angaben über die Richtung anbelangt, muß jedoch bemerkt werden, daß diese, soweit sie aus Städten mit hohen Häusern stammen, allerdings mit einiger Vorsicht aufzunehmen sind, während für kleinere Orte auch diese Angaben als ziemlich zuverlässig betrachtet werden können. Im Reichs-Telegraphengebiete waren im Ganzen die Telegraphenanstalten an 740 Orten mit solchen Aufzeichnungen beauftragt, welche während des Zeitraumes vom 1. April 1882 bis 30. September desselben Jahres über 2634 von ihnen beobachtete Gewitter Meldungen erstattet haben. Die Beobachtungsorte liegen so weit auseinander, daß nur ausnahmsweise zwei Beobachtungen sich auf ein und dasselbe Phänomen beziehen, dagegen doch auch wieder nahe genug beisammen, um annähernd den Verlauf eines fortschreitenden Gewitters der Zeit und Richtung nach verfolgen zu können.

Im Jahre 1883 wurden 1901 Meldungen über 2064 Gewitter erstattet. Im Jahre 1884 waren im deutschen Reichs-Telegraphengebiete 882 Telegraphenanstalten mit Aufzeichnungen über Gewittererscheinungen auf den oberirdischen Leitungen beauftragt. Von diesen 882 Anstalten haben 587, d. i. 66·55 Percent, im Ganzen 2823 Meldungen über 3258 von ihnen beobachtete Gewitter erstattet. Von den 875 Anstalten, welche im Jahre 1885 Gewittererscheinungen aufzuzeichnen hatten, lieferten 516 Anstalten (= 58·97 Percent) 2256 Meldungen über 2597 beobachtete Gewitter.

Aehnliche aber viel umfassendere Beobachtungen werden seit einer Reihe von Jahren in Baiern und Württemberg durchgeführt und haben daselbst auch schon zu sehr interessanten Ergebnissen geführt, welche weiter unten

noch mitgetheilt werden sollen. W. v. Bezold hat über diese Gewitterbeobachtungen in der Berliner »Elektrotechnischen Zeitschrift« berichtet und sind diesem Berichte nachstehende Angaben entnommen.

Schon im ersten Jahre der Thätigkeit der königlich baierischen meteorologischen Centralstation München stellte sich das Bedürfniß heraus, den Zug und Verlauf der Gewitter in Baiern eingehender zu studiren, als dies mit Hilfe der Aufzeichnungen möglich war, welche von den 34 (damals erst 31) meteorologischen Stationen des Königreiches einliefen.*) Es wurde deshalb im Frühjahre 1879 in öffentlichen Blättern ein Aufruf erlassen zur Gewinnung freiwilliger Beobachter, der von großem Erfolge begleitet war, so daß nur etwa die Hälfte der Anmeldungen berücksichtigt werden konnte und daß schon im Sommer 1879 an 279 Orten des Königreiches regelmäßig Aufzeichnungen über Gewitter gemacht wurden.

Was die Form anbelangt, welche für diese Aufzeichnungen gewählt wurde, um sie handlich für die weitere Verarbeitung zu machen, so entschloß man sich hierfür die Form der gewöhnlichen Postkarte zu wählen. Diese Karten tragen auf der Vorderseite die Adresse der Centralstation, auf der Rückseite die durch nebenstehenden Abdruck (in einem etwas hinter der Postkartengröße zurückbleibenden Rahmen) wiedergegebene Rubricirung. Durch das Entgegenkommen der königlichen Generaldirection der Verkehrsanstalten wurde es ermöglicht, daß diese Karten als portofreie Dienstsachen befördert werden. Diese Einrichtung erleichtert die Benützung ganz wesentlich, da die einzelnen Karten infolge dessen kein wertvolles Object bilden und ohne besondere Controle in größerem Vorrath an die Beobachter hingegeben werden können, so daß die meisten derselben einige solche Karten in der Brieftasche bei sich zu tragen pflegen und die Notizen unmittelbar während der Beobachtung in dieselben eintragen. Die ausgefüllte Karte wird alsdann in den nächsten Briefkasten geworfen, falls es der betreffende Beobachter nicht vorzieht, die eine für sich zurückzubehalten und nur eine Abschrift an die Centralstation abzusenden.

Diese Art der Aufzeichnung hat sich in hohem Grade bewährt und mehrfach Nachahmung gefunden. Insbesondere wurden die gleichen Karten im Jahre 1880 in Württemberg eingeführt, und zwar werden sie durch Vermittlung des Vorstandes der königlich württembergischen meteorologischen

*) Dies ist die Anzahl der aus Staatsmitteln errichteten und unterhaltenen Stationen, welche als Normalstationen bezeichnet werden; ihnen schlossen sich im Laufe der Zeit noch 15 andere, größtentheils auf Privatkosten eingerichtete und von freiwilligen Beobachtern geleitete »Ergänzungsstationen« an.

In ..... wurde am ..... 18 ...
ein Gewitter (Wetterleuchten) beobachtet.

Wetterleuchten und ferne Blitze	vorher von U. bis U. im nachher von U. bis U. im	Himmelsgegend
Donner hörbar von Uhr bis Uhr		
Regen dauerte von Uhr bis Uhr		
Hagel dauerte von Uhr bis Uhr		
Gewitter kam aus	zog nach zog vorüber im nach	Himmelsgegend
Windrichtung und Stärke	vor: während: nach: dem Gewitter	

Bemerkungen (insb. über Gewitterschäden):

Unterschrift des Beobachters: .....

Centralstation regelmäßig nach München geschickt, wo sie die weitere Verarbeitung finden. Hierbei muß noch hervorgehoben werden, daß die Stationen in Baiern ziemlich gleichmäßig vertheilt sind, und daß sich die größte Zahl derselben auf dem flachen Lande befindet und die Aufzeichnungen von Personen gemacht werden, die sich viel im Freien bewegen, so daß die Beobachtungen meistentheils nicht mit den in Städten unvermeidlichen Fehlern behaftet sind.

Nachstehende Zusammenstellung ermöglicht eine Uebersicht über die Thätigkeit dieser Gewitterbeobachtungsstationen:

	Stationen		Meldungen	
	Baiern	Württemberg	Baiern	Württemberg
1879	279	—	3571	—
1880	234	62	5741	303
1881	249	59	6630	1174
1882	252	51	4162	893

Da es wünschenswert erscheint, den Schwankungen, welchen ein solches Netz freiwillig thätiger Beobachtungsstationen naturgemäß unterworfen ist, vorzubeugen oder wenigstens jederzeit über dieselben genau unterrichtet zu bleiben, so wird in jedem Frühjahre an sämmtliche Beobachter ein Schreiben mit beiliegender Rückantwortskarte versendet, und es werden dieselben ersucht, auf dieser Karte ausdrücklich zu erklären, daß sie die Beobachtungen fortsetzen, in Verhinderungsfällen für Stellvertretung sorgen, von einer gänzlichen Einstellung der Beobachtungen aber rechtzeitig Anzeige machen wollen.

Was die Verarbeitung der einlaufenden Meldungen betrifft, so werden diese zunächst kartographisch verarbeitet, d. h. es wird für jeden Tag, an welchem überhaupt ein Gewitter oder Wetterleuchten zur Beobachtung kam, eine Karte angelegt. Dabei wird zunächst die Zeit eingetragen, um welche der erste Donner gehört wurde, sowie die Richtung, aus welcher das Gewitter kam und nach welcher es zog, durch einen (allenfalls gebogenen) Pfeil angedeutet. Dann werden alle Orte, an welchen der erste Donner zu gleicher Zeit gehört wurde, durch eine Linie verbunden. Diesen Linien hat Bezold den Namen von Linien gleichzeitigen Donners oder „Isobronten“ gegeben. Indem nun diese Linien für die verschiedenen (vollen) Stunden gezogen werden, geben sie ein sehr schönes Bild über das Fortschreiten der Gewitter. Man hat zwar schon früher in Frankreich, Norwegen u. s. w. einer ähnlichen Darstellung sich bedient, doch legt man dabei gewöhnlich den mittleren Zeitpunkt zwischen erstem und letztem Donner zu Grunde, ein Verfahren, das Bezold wegen der großen Unsicherheit der letzteren Bestimmung nicht für nachahmenswert hielt. Uebrigens gestatten die in den Postkarten enthaltenen Mittheilungen ebensowohl eine Darstellung nach Linien letzten Donners als auch nach Linien gleichzeitigen Beginnens oder Schlusses des Regens u. s. w. Aus den in solcher Weise verarbeiteten Gewitterbeobachtungen werden jährlich die interessantesten Gewitter

ausgewählt und mit den dazu gehörigen Karten in den Publicationen der Münchener Centralstation veröffentlicht.

Für Sachsen hat das königlich sächsische meteorologische Institut den Gewitterbeobachtungsdienst organisirt und veröffentlicht die Resultate desselben in seinem Jahrbuche. Sachsen hatte im Jahre 1884 auf 14990 Quadratkilometer über 100 Gewitterstationen in Thätigkeit, so daß es relativ zweimal so viele Stationen als Baiern und auch ein dichteres Netz als Mitteldeutschland besaß. Mit dem durch die Karten eingegangenen Beobachtungsmateriale wurden, wenn auch nur versuchsweise, ziemlich eingehende Studien angestellt. Zunächst wurde dasselbe Verfahren wie in Baiern eingeschlagen, d. h. es wurden die Orte gleichzeitigen ersten Donners durch Linien verbunden, also Isobrontenkarten entworfen. Ebenso wurden das Aufhören der Hörbarkeit des Donners, Beginn und Ende der Sichtbarkeit von Blitzen und endlich Anfang und Ende des Regenfalles graphisch dargestellt.

In Oberitalien wurden, wie C. Lang in der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie berichtet, die Beobachtungen der Gewitter seit dem Jahre 1876 in ähnlicher Weise angestellt wie in den bereits genannten Ländern. Zu diesem Behufe wurden vom Ufficio centrale di meteorologia an freiwillig sich meldende Stationen ganz kurz gefaßte Beobachtungsinstructionen, sowie eine Anzahl rubricirter Postkarten vertheilt. In die letzteren (zu den Aufzeichnungen über ein Gewitter ist je eine Karte zu verwenden) soll eingetragen werden:

1. Anfang, Ende und Culmination des Gewitters, angegeben nach der Zeit der nächstgelegenen Post- oder Telegraphenstation.

2. Zug des Gewitters, dessen größere oder geringere Entfernung, Richtung und Stärke des begleitenden Windes, sowie Zug der Wolken.

3. Intensität des Regens.

4. Jene der Blitze, unter Berücksichtigung von deren Form.

5. Außerordentliche Erscheinungen, sowie Schaden, verursacht durch Hagel, Blitzschlag und dergleichen.

Diese Postkarten werden von den einzelnen Beobachtern als portofreie Dienstsache an die meteorologischen Observatorien der Kreishauptstädte behufs Weiterbeförderung an das Ufficio centrale eingesandt.

Die schon früher von Frisiani und Schiaparelli bearbeiteten Gewitterbeobachtungen von 134 Stationen fanden eine eingehende und ausführliche Darstellung in C. Ferrari's Werke: »Osservationi dei temporali raccolte nel 1880 für jene des Jahres 1880. Hiernach ergibt sich für die Dichtigkeit des Stationsnetzes (in welches das Trentino nicht einbezogen worden ist), daß auf 1530·3 Quadratmyriameter (= 2772·3 Quadratmeilen)

570 Beobachter kommen, so daß im Mittel ein Beobachter 2·7 Quadratmyriameter (= 4·86 Quadratmeilen) zu übersehen hat. Diese Dichtigkeit ist jedoch für die einzelnen Provinzen sehr verschieden, und stellt sich nach der Rechnung des Berichterstatters folgendermaßen heraus:

	Quadratmyriameter auf 1 Beobachter		Quadratmyriameter auf 1 Beobachter
1. Novara	1·63	22. Udine	4·65
2. Torino	2·06	23. Piacenza	2·78
3. Cuneo	2·48	24. Parma	8·10
4. Alessandria	1·33	25. Reggio-Emilia	2·84
5. Porto Maurizio	0·71	26. Modena	3·59
6. Genova	1·65	27. Ferrara	6·55
7. Como	0·54	28. Bologna	2·77
8. Milano	6·80	29. Ravenna	9·60
9. Pavia	1·67	30. Forli	9·30
10. Sondrio	2·04	31. Pesaro ed Urbino	2·45
11. Bergamo	1·88	32. Ancona	3·82
12. Brescia	2·66	33. Massa Carrara	17·80
13. Cremona	1·82	34. Lucca	4·97
14. Mantova	3·56	35. Firenze	6·52
15. Verona	6·88	36. Livorno	3·30
16. Vicenza	1·10	37. Pisa	30·60
17. Padova	2·80	38. Siena	9·48
18. Rovigo	2·82	39. Arezzo	5·52
19. Belluno	2·53	40. Grosseto	44·20
20. Treviso	2·71	41. Perugia	2·41
21. Venezia	3·67	42. Roma	9·17

Der Beobachter hat also mindestens 0·54 und höchstens 44·20 Quadratmyriameter zu überblicken. Bei Vergleichung mit den Verhältnissen in Baiern (für das Jahr 1880) stellt sich die Thatsache heraus, daß daselbst ein Beobachter im Mittel 3·25 Quadratmyriameter, im Minimum 0·54 und im Maximum 9·36 Quadratmyriameter zu übersehen hat. Scheinbar ist also das italienische Gewitterbeobachtungsnetz ein beträchtlich dichteres als das baierische, wogegen letzteres den Vortheil genießt, daß bei zwar im allgemeinen geringerer Dichtigkeit dieselbe eine viel gleichmäßigere ist, ein Umstand, der auf die zu gewinnenden Resultate von wesentlichem Einflusse sein dürfte.

Es mag hier ferner noch erwähnt werden, daß systematische Gewitterbeobachtungen in Schweden seit 1871 organisirt sind; die Verarbeitung der eingelaufenen Meldungen übernahm Hildebrandson. In Belgien wird der Gewitterbeobachtungsdienst seit 1877 durch das Brüsseler Observatorium geleitet, wobei es hauptsächlich darauf abgesehen ist, mit Genauigkeit die Beziehungen zu ermitteln, welche zwischen dem Auftreten von Gewittern und den atmosphärischen Depressionen bestehen, um hierauf gestützt dann die Consequenzen dieser Beziehungen zu ziehen.

Obige Andeutungen über die Organisirung des Beobachtungsdienstes in verschiedenen Ländern Europas mögen uns genügen; wenden wir uns nunmehr den Resultaten, welche bisher aus den Gewitterbeobachtungen gewonnen wurden, zu, und zwar zunächst der Entstehungsart der Gewitter.

2. Entstehung der Gewitter.

Es ist uns gegenwärtig noch nicht gelungen, alle jene Umstände genau zu präcisiren, welche zusammenwirken müssen, um ein Gewitter zu erzeugen, oder mit anderen Worten, wir sind noch nicht imstande, das Gewitter aus seinen Elementen zu construiren. Da bei dieser Naturerscheinung zweifelsohne locale Verhältnisse häufig eine sehr wichtige Rolle spielen, beziehungsweise das Entstehen und den Verlauf der Erscheinung bestimmen, wird uns auch eine allgemeine Lösung der Frage vielleicht nie gelingen. Was aber hierin, innerhalb engerer Grenzen, bisher geleistet wurde, soll nachstehend berichtet werden.

Nach Kämtz können alle Gewitter, bezüglich ihrer Entstehung, in zwei Classen eingetheilt werden: in solche, welche unter der Einwirkung eines aufsteigenden Luftstromes entstehen, und in solche, welche aus dem Zusammentreffen zweier entgegengesetzter Windströmungen resultiren. Als Gewitter, welche in ersterwähnter Art entstehen, bezeichnet Kämtz die Sommergewitter, als Gewitter der zweiten Art die Wintergewitter.

Bei der Entstehung von Sommergewittern in unseren Klimaten müssen folgende drei Bedingungen erfüllt werden: Windstille, mehr oder weniger feuchte Erde und reiner Himmel. Hierbei braucht sich die Windstille nicht auf die ganze Höhe der Atmosphäre zu erstrecken, denn im allgemeinen sinkt das Barometer langsam, ein Beweis dafür, daß die Luft nach allen Richtungen hin abfließt. Gleichzeitig erscheinen die nun auftretenden Cirruswolken durch einen schwachen Südostwind bewegt. Die Luftschichten, welche mit der Erde in Berührung stehen, erlangen dann einen um so kräftigeren Auftrieb, als die hohe hierbei beobachtete Temperatur nur in den unteren Schichten herrscht;

thermometrische Messungen haben nämlich ergeben, daß an Gewittertagen die Temperatur ungewöhnlich rasch mit der Höhe über der Erdoberfläche abnimmt. Die durch den aufsteigenden, warmen Luftstrom mitgeführten Dämpfe werden in der Höhe condensirt und vermehren die Cirruswolken; zur selben Zeit bilden sich unterhalb auch Haufenwolken, die immer dichter und mächtiger anwachsen.

Lösen sich die in dieser Weise gebildeten Wolken nicht durch nachfolgende warme und trockene Luftströmungen wieder auf, so ist ein sehr labiler Gleichgewichtszustand in der Atmosphäre die Folge. Die Luft unterhalb der Wolkendecke ist durch diese der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen entzogen, und daher sinkt ihre Temperatur; ringsum wird aber die Luft nach wie vor erhitzt und strömt nach oben. Die kühlere Luft muß daher an der Erdoberfläche nach allen Richtungen hin abfließen, und zwar mit um so größerer Heftigkeit, je größer die Temperaturdifferenz ist. Die abfließende kalte Luft wird durch gleichfalls kalte Luft, welche aus den höheren Schichten nachsinkt, ersetzt. In dieser Art bilden sich die Gewitterstürme häufig an den heißen Sommertagen und oft mehrere Tage nacheinander.

Im zweiten Falle entstehen Gewitter an jenen Orten, an welchen Nord- und Südwind gegeneinanderprallen; dort bilden sich die Gewitterwolken und bezeichnen in Form langgestreckter Bänder den Kampfplatz der einander entgegengesetzten Windströmungen. In diesem wie im vorbetrachteten Falle führt das Zusammentreffen kalter Luft mit warmer feuchter Luft zu einer rapiden Condensation des Wasserdampfes, daher zu Regen oder Hagel, dem sich auch noch Blitz und Donner zugesellen, falls gleichzeitig die elektrische Spannung eine entsprechende Höhe erreicht. (Vergl. S. 230 u. ff.)

Wie weiter unten noch ausführlicher erläutert werden soll, erreicht vor dem Ausbruche eines Gewitters der Luftdruck ein Minimum und die Temperatur ein Maximum, woraus das Vorhandensein eines aufsteigenden Luftstromes folgt. Hierdurch glaubt nun Gerland auch die Bildung der Gewitter gegeben. Die warme, aufsteigende Luft gelangt in kältere Regionen und verliert daselbst durch Condensation mehr oder weniger rasch ihren Wassergehalt; die bei der Condensation frei werdende Wärme aber ertheilt dem aufsteigenden Luftstrome eine neuerliche Beschleunigung. Diese Bewegung einerseits und die der abwärts fallenden Tropfen anderseits kann nun leicht zu einer hinlänglich großen absoluten Geschwindigkeit (Summe beider Geschwindigkeiten) anwachsen, daß diese vollkommen hinreicht, um eine Scheidung der beiden Elektricitäten (+ und —) von einander zu erklären. Ist nun weiter bei hinlänglicher Spannung eine unterhalb befindliche Wolke oder die Erde durch Influenz negativ elektrisch geworden, so erfolgt der Ausgleich in Gestalt eines oder

Wolken verdichten. Hat die Gewitterwolke eine bestimmte Größe erreicht, so wird ihre untere Fläche zuweilen uneben, indem sich besondere Theile der Erde zu herabzusenken scheinen, jedoch so, daß sie mit der Wolkenmasse im Zusammenhange bleiben. Es kommt auch vor, daß die untere Fläche zu mancherlei ansehnlichen Hervorragungen anschwillt, welche sämmtlich der Erde zugekehrt sind. Auch kann es sich ereignen, daß eine ganze Seite der Wolke sich der Erde zuneigt, so daß ihr äußerstes Ende letztere zu berühren scheint.

Der unterhalb der Gewitterwolke befindliche Beobachter sieht diese nach

Fig. 99.

Gewitterbildung.

ihrer Bildung immer dunkler werden und sich senken, während zugleich zahlreiche fremde Wolken von geringer Größe in schneller Bewegung unterhalb der Wolkendecke begriffen sind. Während die Gewitterwolke anschwillt und sich über bedeutende Strecken ausbreitet, sieht man den Blitz von dem einen Theile derselben nach dem anderen fahren und häufig die ganze Wolkenmasse erleuchten. Je länger das Blitzen dauert, desto dünner wird die Wolke und desto mehr verliert sie von ihrer dunklen Färbung, bis sie endlich an verschiedenen Stellen zerreißt und den blauen Himmel durchblicken läßt. Hat sich die Gewitterwolke in dieser Weise aufgelöst, so breiten sich diejenigen Theile, welche die oberen Schichten der Atmosphäre einnehmen, gleichförmig aus und werden ganz dünn; die zunächst darunter befindlichen sind zwar

aufsteigenden Luft infolge eines sehr rapiden und reichlichen Niederschlages eine sehr große, so kann es zur Hagelbildung kommen.

Gehen wir nun von der allgemeinen Betrachtung der Gewitterbildung zu den speciellen Beobachtungen an bestimmten Orten über und beginnen wir zunächst mit einer Schilderung des schon mehrfach genannten Turiner Physikers Beccaria.

Die erste Erscheinung vor einem Gewitter, die sich bei nahezu vollkommener Windstille einstellt, ist eine dicke Wolke, oder es entstehen auch deren mehrere, die rasch an Größe zunehmen und in höhere Regionen aufsteigen.

Fig. 98.

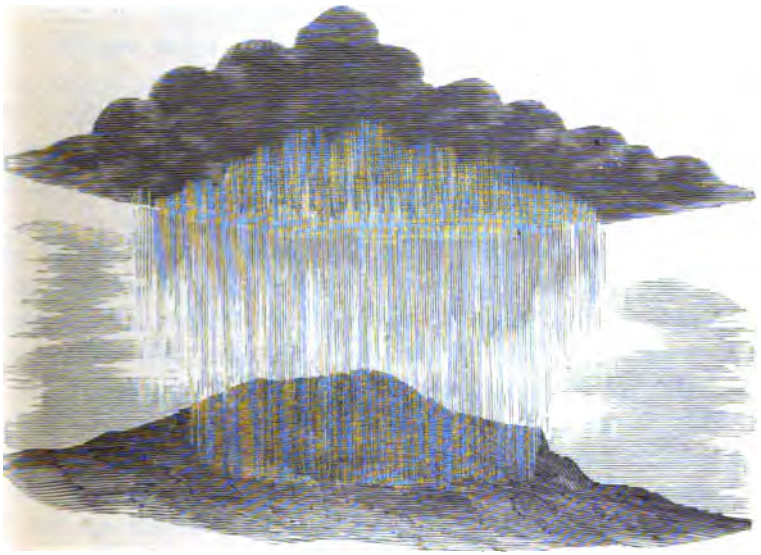
Gewitterbildung.

Die untere Fläche ist dunkel gefärbt und fast eben, die obere hingegen vielfach gewölbt. Man sieht häufig mehrere solche Wolken übereinander gethürmt und alle in derselben Weise geschichtet; aneinander haftend zeigen sie ein wolliges angeschwollenes Ansehen. Zur Zeit des Aufsteigens einer solchen Wolke schweben in der Atmosphäre gewöhnlich zahlreiche abgesonderte und bewegungslose Wolken von oft sehr sonderbaren Formen. Sobald aber die Gewitterwolke erscheint, ziehen sie gegen dieselbe hin und werden, je näher sie kommen, in ihren Gestalten gleichförmiger, strecken dann, ganz nahe an die Gewitterwolke herangekommen, ihre Ausläufer gegeneinander und vereinigen sich schließlich zu einer gleichförmigen Masse. Es geschieht wohl auch, daß die Gewitterwolke, ohne sich mit fremden Wolken zu vereinigen, rasch an Volumen zunimmt, indem die in der Atmosphäre befindlichen Dünste selbst sich zu

Wolken verdichten. Hat die Gewitterwolke eine bestimmte Größe erreicht, so wird ihre untere Fläche zuweilen uneben, indem sich besondere Theile der Erde zu herabzusenken scheinen, jedoch so, daß sie mit der Wolkenmasse im Zusammenhange bleiben. Es kommt auch vor, daß die untere Fläche zu mancherlei ansehnlichen Hervorragungen anschwillt, welche sämmtlich der Erde zugekehrt sind. Auch kann es sich ereignen, daß eine ganze Seite der Wolke sich der Erde zuneigt, so daß ihr äußerstes Ende letztere zu berühren scheint.

Der unterhalb der Gewitterwolke befindliche Beobachter sieht diese nach

Fig. 99.



Gewitterbildung.

ihrer Bildung immer dunkler werden und sich senken, während zugleich zahlreiche fremde Wolken von geringer Größe in schneller Bewegung unterhalb der Wolkendecke begriffen sind. Während die Gewitterwolke anschwillt und sich über bedeutende Strecken ausbreitet, sieht man den Blitz von dem einen Theile derselben nach dem anderen fahren und häufig die ganze Wolkenmasse erleuchten. Je länger das Blitzen dauert, desto dünner wird die Wolke und desto mehr verliert sie von ihrer dunklen Färbung, bis sie endlich an verschiedenen Stellen zerreißt und den blauen Himmel durchblicken läßt. Hat sich die Gewitterwolke in dieser Weise aufgelöst, so breiten sich diejenigen Theile, welche die oberen Schichten der Atmosphäre einnehmen, gleichförmig aus und werden ganz dünn; die zunächst darunter befindlichen sind zwar

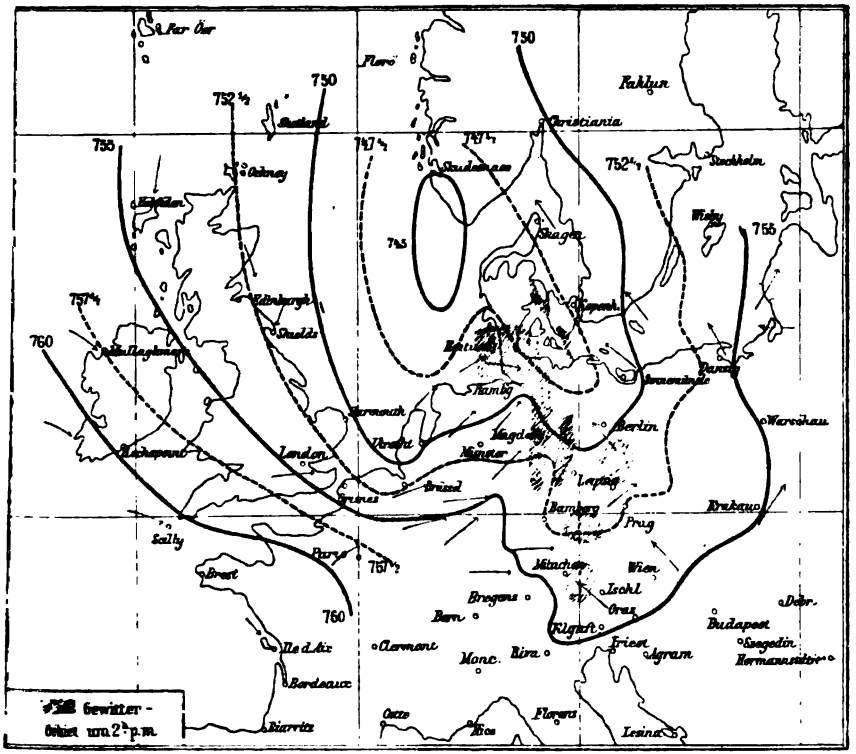
windstill war, ein heftiger Sturm aus Westen, zugleich ließ sich innerhalb des Nebels schwach rollender aber anhaltender Donner hören, indessen Blitze zunächst noch nicht zu sehen waren. Nach etwa 10 Minuten zeigten sich auch diese und zwar einzelne, von starkem Donner begleitete, fast horizontale Zickzackblitze in der nächsten Nähe, die das Gewölk erleuchteten. Obgleich es nun stark zu regnen anfing und die Temperatur sich enorm abgekühlt hatte, hielt es die Gesellschaft doch, da es sehr dunkel wurde, und die Blitze von allen Seiten kamen, für gerathen, sich in der Nähe des kleinen Teiches hinzulegen. Eine Viertelstunde lang folgten sich Blitze auf Blitze, die schräg, horizontal und vertical, nach oben und unten, mit kurzem, in demselben Momente ertönenden Knall bei ihr vorbeifuhren. Auch aus dem Teichschlunde sprangen Blitze nach oben. Dann war die Gewitterwolke über ihnen fortgezogen und trieb vor ihnen her, auf dem Kamme hin, der Koppe zu, so daß die Gesellschaft bei heiterem Himmel, aber stark gesunkener Temperatur nun dem auch bereits schwächer gewordenen Gewitter nachging. Als sie auf die Koppe kam, war alles klar, und in der Ferne zeigte sich noch die Wolke, welche am Koppenkegel sich nach rechts ins Böhmische gewendet hatte.

Es erübrigt uns schließlich noch jener Gewitter zu gedenken, welche ihr Entstehen einem ganz speciellen Naturprocesse verdanken; es sind dies die vulkanischen Gewitter. Der heiße Wasserdampf, welcher während der Eruption aus dem Krater aufsteigt und sich in den Luftkreis ergießt, schreibt A. v. Humboldt, bildet beim Erkalten ein Gewölk, von dem die, viele tausend Fuß hohe Aschen- und Feuersäule umgeben ist. Eine so plötzliche Condensation der Dämpfe und, wie Gay Lussac gezeigt hat, die Entstehung einer Wolke von ungeheurer Oberfläche vermehren die elektrische Spannung. Blitze fahren schlängelnd aus der Aschensäule hervor, und man unterscheidet dann (wie am Ende des Ausbruches des Vesuvs in den letzten Tagen des October 1822) deutlichst den rollenden Donner des vulkanischen Gewitters von dem Krachen im Innern des Vulkans. Die aus der vulkanischen Dampfwolke herabfahrenden Blitze haben einst in Island (am Vulkan Katlagia 17. October 1755) nach Olaffen's Bericht elf Pferde und zwei Menschen getödtet.

Nach einer von Monticelli aus Neapel stammenden Schilderung des eben erwähnten Vesuvausbruches boten damals die Lavaströme das wunderbare Schauspiel eines feurigen Wasserfalles, während sich dicke schwarze Wolkensäulen untermischt mit Flammen gegen den Himmel erhoben und Blitze in der Mitte eines schwarzen Himmels ihre glühenden Verzweigungen und Verästelungen aussandten, gleichend einer gewaltigen glühenden Pinie. Am 22. October 1822, erzählen Monticelli und Covelli, erhob sich aus dem

Am Morgen des 9. August lag eine aus Südwesten gekommene und in Vertiefung begriffene Depression auf der Nordsee, auf deren Südostseite schon um acht Uhr Morgens über Deutschland ein Gebiet hoher Wärme und ein durch eine leichte Ausbuchtung der Isobaren (Linien gleichen Luftdruckes) angedeuteter Anfang eines Theilminimums sich zeigten. Während des Vor-

Fig. 100.



Isobaren vom 9. August 1881.

mittags nahmen die Temperaturgegensätze durch schnelle Erwärmung in Mittel- und Ost-Deutschland sehr zu und entwickelte sich jene Ausbuchtung zu einer nach Nordwesten abfallenden Rinne niedrigeren Druckes, so daß der Zustand erzeugt wurde, welcher aus den Karten in Figur 100 und 101 zu ersehen ist, die dem Zeitpunkte der mächtigsten Entfaltung des Gewittersturmes, zwei Uhr Nachmittags, entsprechen. Diese Rinne bewegt sich, während die Hauptdepression nordostostwärts zieht, nach Osten und verschwindet am 10. im südwestlichen Rußland. Auf ihrer Ost- beziehungsweise Vorderseite sieht man auf der

Karte, Figur 101, in einer südöstlichen Strömung außerordentlich hohe Temperatur, welche nach Westen, nach dem Gebiete westlicher Winde hin, rasch abnimmt.

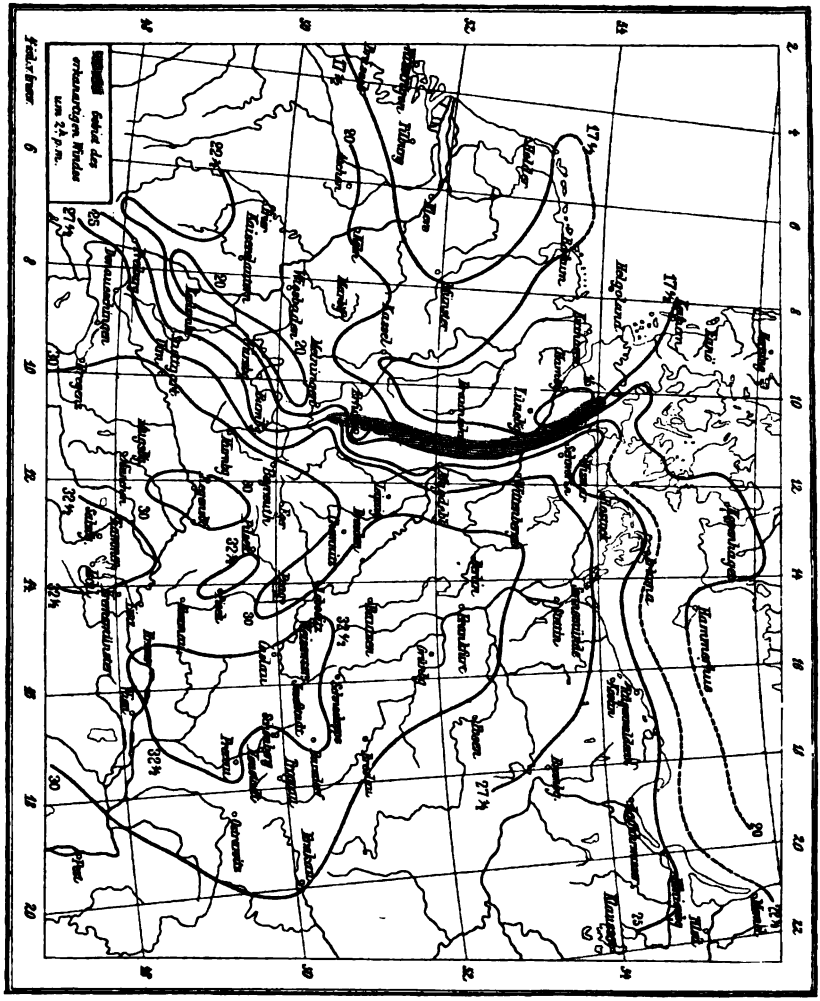


Fig. 101.

Isothermen vom 9. August 1881.

Auf dem Kärtchen, Figur 100, ersieht man aus der Lage der schraffirten Flächen, daß sowohl die Mitte der Rinne hie und da Gewitter aufwies, als insbesondere der westliche Rand derselben von einem ausgedehnten Unwetter und mehreren kleineren südlich davon eingenommen wurde, welche letztere, wie man aus der Karte der Fortpflanzung des vorderen Randes der Gewitterböe,

weise und Verlauf zu kennen. Leider müssen wir aber gestehen, daß das bis nun vorliegende Material zur Aufstellung diesbezüglicher allgemein giltiger Regeln noch lange nicht ausreicht. Dies zu erreichen, haben wir erst dann Aussicht, wenn die Gewitterbeobachtungsnetze nicht wie jetzt nur einen kleinen Theil der Erdoberfläche bedecken, sondern sich über diese möglichst weit erstrecken, und zwar ohne Einengung durch politische Landesgrenzen. Immerhin haben aber die einzelnen mehr oder weniger ausgedehnten Beobachtungen bereits Resultate ergeben, die unser volles Interesse verdienen.

Die naturforschende Gesellschaft in Halle hat schon im Jahre 1826 zur regelmäßigen Gewitterbeobachtung in Deutschland aufgefordert und das gesammelte Material Keferstein zur Verarbeitung übergeben; Schön bearbeitete die Maingegenden, Schübler Württemberg. Als übereinstimmendes Resultat ergab sich, daß die Gewitter in Mitteleuropa zumeist in der Richtung von Westen (Südwesten, Westen, Nordwesten) nach Osten (Südosten, Osten, Nordosten) ziehen. Schweigger glaubte dieses Verhalten mit den magnetischen Verhältnissen der Erde in Beziehung setzen zu sollen. Der vorherrschende Zug der Gewitter nach Nordosten stellt nämlich eine Richtung dar, die in Mitteleuropa so ziemlich normal auf den magnetischen Meridian steht. Inwieweit diese Ansicht begründet ist, könnte allerdings erst dann festgestellt werden, wenn namentlich aus den östlichen und nordöstlichen Theilen Europas, also aus Rußland, hinreichend zahlreiche Beobachtungen vorliegen würden, die überdies noch durch solche aus Sibirien wahrscheinlich eine zweckentsprechende Ergänzung fänden; beides sind ausgedehnte, zumeist ebene Länder, und in Sibirien zeigt auch der magnetische Meridian einen anderen Verlauf als in Europa. Die deutschen Meteorologen neigen sich hingegen zumeist der Ansicht zu, daß die Zugrichtung der Gewitter durch die Richtung der Gebirge bestimmt wird.

Nach Schübler sind die gefährlichsten und vorzüglich durch Schlossen verderblichsten Gewitter in den meisten Gegenden diejenigen, welche von Osten kommen, oder welche zwar aus Westen aufsteigen, aber an einer Wetterscheide anstoßen, oder überhaupt in ihrem gewöhnlichen Laufe von Westen nach Osten durch einen Gebirgsrücken aufgehalten werden. Vorzüglich gefährlich werden Gewitter, welche schon über eine Gegend hingezogen sind und nun wieder in entgegengesetzter Richtung von einer ihrem Laufe entgegenstehenden Gebirgskette zurückkehren. Schübler hat überhaupt den Einfluß der Gebirgszüge nachgewiesen und deutlich den Einfluß hervorgehoben, welchen die schwäbische Alp diesbezüglich ausübt. Von ihm rührt auch eine eingehende Untersuchung der sogenannten Wetterscheiden her; die Wirkung einer solchen auf den Zug der Gewitter ist z. B. recht gut aus nachstehendem Berichte

der Himmel sich zuerst mit Cirrostratus und Cumulus bezog und dann am westlichen Horizont schwere Wolken sich mit außerordentlicher Schnelligkeit heranwälzten, welche in ihrem unteren tief niederhängenden Theile fahlgelb oder röthlich erschienen und in die ungeheueren Staubmassen übergingen, welche von dem heranbrausenden Windstoß aufgewirbelt waren. Die Umgebung verschwindet in diesem Staube, es tritt eine ganz ungewöhnliche Dunkelheit ein und nun erreicht der erste gewaltige Windstoß aus Süden bis Westen den Beobachter, Bäume brechend, Dächer niederreißend, ja stellenweise selbst Theile des Mauerwerkes der Häuser demolirend. Der orkanartige Wind dauert nur etwa zehn Minuten; gleichzeitig mit demselben oder auch während seines Nachlassens, tritt Regen ein, dessen Stärke an verschiedenen Orten sich sehr verschieden zeigte; an dem linken nördlichen Rande der Böe, namentlich in Ostholstein, traten in diesem Stadium auch schwere Hagelfälle in Streifen von 1 bis 12 Kilometer Breite und 70 oder mehr Kilometer Länge auf, welche in Ostholstein allein etwa 5 Millionen Kubikmeter Eis geliefert haben mögen. Elektrische Entladungen fanden fast nur in dem hinteren Theile der Böe in wenigen Schlägen und nicht überall statt, so daß das Phänomen nach den gewöhnlichen Gewitterpostkarten nicht gut verfolgbar gewesen wäre. Der gegen Schluß der 8 bis 15 Minuten dauernden Böe westlich und in einzelnen Fällen nordwestlich gewordene Wind flaut aus dieser Richtung meist noch während des Regens ab und geht im Laufe der nächsten Stunden auf Südwest zurück; die während der Böe fast plötzlich um 7 bis 14 Grad Celsius gesunkene Temperatur stieg zwar später theilweise wieder um einige Grade, doch blieb der Nachmittag kühl und meist bewölkt mit einzelnen Regenschauern, wie denn auch der ganze Rest des Monats August diesen Charakter behielt und mit diesem Unwetter ein dauernder Umschlag der bis dahin trockenen und warmen Witterung eintrat.

Fassen wir, soweit es bei dem complicirten Zusammenwirken aller Vorgänge möglich ist, zum Schlusse die wesentlichen Züge in der Mechanik des Phänomens vom 9. August 1881 in kurze Sätze zusammen:

Auf der Südostseite einer barometrischen Depression entsteht durch Insolation (Bestrahlung) ein Gebiet hoher Wärme und zugleich in den untersten einigen 100 Meter der Atmosphäre ein Ausläufer der Depression, während in den zunächst darüber liegenden die Isobaren ihre elliptische Form behalten. Der östliche Theil dieser Ausbuchtung wird so dem Einflusse der abkühlenden Strömung aus dem Westen entzogen und kann in einem schwachen südöstlichen Strome seine Temperatur ungestört steigern. Der westliche Theil hingegen wird früh durch die kühle Luft aus Westen, die bei gleichzeitigem Fortschreiten der Hauptdepression einen immer nördlicheren Ursprungsort erhält, überfluten.

Durch Auftrieb der wärmeren Luft entsteht an der Grenze des warmen und kalten Gebietes Regen; durch diesen wird niedrige Temperatur dicht an der Grenze der hohen hervorgebracht, eine Temperaturstufe erzeugt, welche sich — sowohl der Luftströmung als den fortdauernd an der jeweiligen Grenze des warmen Gebietes stattfindenden Niederschlägen folgend — nach der Seite der höheren Temperatur fortbewegt. Durch diese Temperaturstufe wird, unter Mitwirkung der Bewegungsverhältnisse eine Druckstufe in den unteren 600 Metern gebildet, welche sich in der gleichen Richtung fortpflanzt. Diese Druckstufe erzeugt eine außerordentliche Stärke des Windes auf der ganzen Breite der Stufe während ihres meist etwa 10 Minuten dauernden Vorüberganges. Dieses stürmische Stück der Strömung wird gespeist zu etwa $^2/_3$ durch aus der Höhe — meist im Regen — herabsteigende Luftmassen, während vor demselben die Luft emporsteigt. Gewisse Stellen in dem, den südwestlichen Luftstrom in einem großen Theile seiner Breite quer durchsetzenden Bande stürmischer Stärke sind durch besondere Intensität des Sturmes ausgezeichnet, andere oder dieselben durch Hagelbildung; so entstehen dadurch als Spuren des Vorüberganges Hagelstriche und Zerstörungsstreifen, deren größter Durchmesser ungefähr senkrecht zur größten momentanen Erstreckung der Böe steht; doch deutet ihr Verlauf darauf hin, daß auch bei den Zerstörungsstreifen die Richtung der Strömung in der Wolkenhöhe und nicht jene der Front der Böe unten maßgebend dabei war. Während der Gewittersturm entgegen der Sonne fortschreitet, unterliegt er dem Einflusse der täglichen Periode, indem er am Morgen entsteht, dort, wo er um die wärmste Tageszeit sich befindet, am stärksten auftritt und dann, obwohl er noch einmal um 7 Uhr Nachmittags mit großer Intensität in einem Theil seiner Breite sich zeigt, mit Eintritt der Nacht an Umfang und, soweit die vorhandenen Daten es beurtheilen lassen, auch an Stärke rasch abnimmt und bald verschwindet.

Bezold, gestützt auf das aus Baiern und Württemberg eingegangene Beobachtungsmaterial, sprach die Ansicht aus, es gibt bestimmte Gegenden, welche die Entstehung von Gewittern besonders begünstigen und die deshalb als eigentliche Gewitterherde bezeichnet werden können.

Als solche Gewitterherde wären sonach zu betrachten, z. B. die sumpfigen Niederungen zwischen den größeren Seen und den Alpen und zwar insbesondere die Gegend zwischen dem Ammersee und Starnbergersee einerseits und den Alpen andererseits, ferner jene zwischen dem Chiemsee und der diesem zunächst gelegenen Alpenkette. Ebenso erweist sich der Westabhang des Böhmerwaldes häufig als ein solcher Gewitterherd. (Bezold vermuthet dies auch, und zwar in noch höherem Maße, von dem östlichen Abhange, konnte aber hierüber keine bestimmte Angabe machen, da dieses Gebiet außerhalb des

Beobachtungsnetzes liegt.) Den Ursprung der ausgedehntesten Gewitter, welche Baiern durchziehen, glaubt Bezold zwischen dem Rhein und Schwarzwald annehmen zu sollen. Im allgemeinen sind solche Gegenden als Gewitterherde für kleinere, mehr locale Gewitter zu betrachten, welche die locale Erwärmung besonders begünstigen und gleichzeitig imstande sind, reichlichen Wasserdampf zu liefern.

In jenen Fällen, in welchen Bezold die Entstehung von Gewittern innerhalb des Beobachtungsgebietes nachweisen konnte, constatirte er sehr häufig die merkwürdige Erscheinung, daß die elektrischen Entladungen auf langen Linien genau gleichzeitig — soweit sich dies mit Hilfe gewöhnlicher Uhren ermitteln läßt — ihren Anfang nehmen. Man wird dadurch unwillkürlich auf den Gedanken gebracht, daß die durch den ersten Blitzschlag herbeigeführte Störung des elektrischen Gleichgewichtes sich durch Influenz von Wolke zu Wolke mittheile und so den gleichzeitigen Ausbruch an verschiedenen Orten hervorrufe.

Am 1. Juni 1886 und in der darauf folgenden Nacht hat sich, wie H. Meyer in der »Meteorologischen Zeitschrift« berichtet, im Gebiete des oberen Leinethales eine Anzahl von Gewittern mit einer Heftigkeit entladen, wie sie namentlich, was Niederschläge anbelangt, daselbst seit Menschengedenken nicht vorgekommen sind. Der durch Hagelschlag verursachte Schaden war trotz seiner Größe gering im Vergleiche zu jenen Verwüstungen, welche die enormen Wassermassen durch Verschlämmung der Wiesen und Aecker bewirkt hatten. Nach amtlichen Erhebungen wurde der Schaden im Landkreise Göttingen, mit Ausschluß der beschädigten oder zerstörten Gebäude, auf 1,410.212 Mark, im Kreise Duderstadt auf 1,345.000 Mark und im Kreise Einbeck auf 89.100 Mark veranschlagt.

Einige Auszüge aus den Originalberichten, welche über dieses Gewitter H. Meyer zugegangen sind, und welche in Bezug auf Entstehung und Natur des Gewitters Interesse verdienen, mögen nachstehend Platz finden.

Das dem Hagel vorangehende eigenthümliche Geräusch ist vielfach beobachtet worden; es muß stellenweise sehr stark gewesen sein, da es auch an Orten gehört wurde, an denen es überhaupt nicht zum Hageln kam. Bezeichnet ist es als »mächtiges Brausen in dem Gewitter«, »furchtbares Rauschen«, »entsetzliches Getöse«; ein anderer Beobachter vergleicht es mit dem Fluggeräusche einer großen Anzahl Tauben; ein anderer schreibt, »das Brausen wurde höchst unheimlich und machte auf mich den Eindruck eines 1—1½ Stunden entfernten, dahin rollenden Eisenbahnzuges.«

Ueber die Entstehung einer Gewitterwolke machte ein Beobachter in Ballenhausen folgende interessante Mittheilung: Aus dem Thalkessel (Marien-

garten) stieg eine Wolkensäule auf, die etwa bis auf Haushöhe über dem Walde begann und enorme Wolkenmassen aus dem Walde aufzusaugen schien. Fast eine Stunde lang zogen lose schwarze Wolken mit rasender Schnelligkeit in diesem Schornsteine in die Höhe, ballten sich oben zu einer immer größer werdenden, festen, tiefschwarzen Gewitterwolke zusammen und diese setzte sich gegen 3 Uhr unter heftigem Blitzen und Donnern in Bewegung. Oft habe ich vollständige Wirbel in den Wolken beobachtet.

Das Auftreten local begrenzter Wirbel in dem Gewitter bezeugen auch Voigt in Mariengarten und Bartram in Reinhausen. Ersterer schreibt: Die Wolken liegen dicht über der Erde und drehten sich mit fabelhafter Schnelligkeit im Kreise wie bei einer Windhose; die ältesten Leute haben so etwas nie gesehen. Dabei verspürten wir nicht mehr Wind wie vorher. Bartram berichtet: Als in Diemarden heftiger Hagel war, konnte man eine merkwürdige Strudelbewegung in den Wolken, verbunden mit eigenthümlichem Geräusch, beobachten. Ein Beobachter in Einbeck äußert sich bezüglich der Wolkenbildung: Die Wolkenbildung beim Wolkenbruch (im Nordwesten von Wengen) konnte ich gut beobachten. Es war wie ein dunkles, fast blauschwarzes großes Knäuel, das sich nach unten plötzlich öffnete. Die elektrischen Entladungen dabei gingen horizontal von Wolke zu Wolke, und nur wenige Blitze schienen nach unten sich auszugleichen.

In einem Berichte über die Gewittererscheinungen im Riesengebirge und insbesondere auf der Schneekoppe, welchen E. Reimann der »Meteorologischen Zeitschrift« eingesandt hat, schildert Lungwitz die Entstehung und den Verlauf eines Gewitters in folgender Weise: An einem prachtvollen Nachmittage im Monate Juli war er mit mehreren Begleitern bei durchaus wolken- und bis zum Horizonte herab nebelfreiem Himmel auf den Kamm gelangt und hatte sich in einer Seehöhe von 1391 Meter an dem oberen Rande des großen Teiches gelagert, der 173 Meter tiefer seinen 551 Meter langen und 172 Meter breiten, 26 Morgen großen Wasserspiegel ausbreitet. Plötzlich gegen $4\frac{1}{2}$ Uhr sah der bis dahin völlig klare Teich aus, als wenn sich ein schwacher Nebel über seine Fläche legte. Dieser schien nach einer Viertelstunde etwas gestiegen und dabei ein wenig über das gegenüberliegende Ufer hinausgegangen zu sein. Dann wurde er dichter und kam höher im Kessel herauf, versperrte aber zunächst noch nicht die Fernsicht ins weite Thal. Nachdem er sich über die Hälfte erhoben hatte, brach Lungwitz auf und schlug die Richtung nach der Koppe längs des Kammes ein. Nach einer halben Stunde hatte der Nebel die Kesselwand überschritten und breitete sich auf dem Kamme aus, so daß sich nach einer weiteren Viertelstunde die Gesellschaft selbst im Nebel befand. Jetzt erhob sich auch, während es bis dahin

der Gewitter einwirken. Auf der angegebenen Straße ist eine ganze Anzahl von Gewittern einander gefolgt, doch lassen sich dieselben auf Grund des vorliegenden Materials nicht trennen. Die letzten verließen das Werrathal zwischen 7 und 8 Uhr und erloschen im oberen Gartethal gegen 9 Uhr Abends. Die Schäden, welche diese Gewitter durch Hagelschauer von ganz ungewöhnlicher Intensität und durch die großen Wassermassen, die sich über die durchzogenen Gegenden zum Theile als Wolkenbruch ergossen, anrichteten, waren sehr bedeutende.

Weit weniger heftig, und ohne nennenswerten Schaden zu verursachen, verliefen die Gewitter, welche sich von den soeben besprochenen am Hohen Hagen nach Nordwesten längs der Weser hinabzogen. Sie sandten einen Zweig östlich über Wellersen und Barterode bis in die Nähe von Nörten und einen andern gegen $5^1/_2$ Uhr südlich von Uslar nach Osten, der dann die Weser entlang zog und am Iberg nach Südosten gegen Northeim umbog. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieses Gewitters betrug anfangs 13 Kilometer per Stunde, später nur die Hälfte davon. Um $6^1/_2$ Uhr dürften sie sich vollkommen erschöpft haben.

Strenge geschieden von diesen Gewittern sind jene, welche sich an demselben Nachmittage im Flußgebiete der Ilme entluden und welche dem Thale des krummen Wassers bei Einbeck so verderblich wurden. Diese kamen die Weser aufwärts, aus der Gegend von Hameln und Bodenwerder, aus Nordwesten, sie rückten später ($3^1/_2$ Uhr) an und hatten früher (6 Uhr) ausgetobt als die vorhin besprochenen. Ein Theil dieser Gewitter zog auf der Südseite des Ith und Hils, der andere auf dem Solling entlang. Von letzterem wandte sich ein Gewitter nach Süden gegen Uslar, wo es mit einem von Süden kommenden zusammenstieß, während das Hauptunwetter über Fredesloh, die Rothenkirchener Berge entlang nach Marktoldendorf zog und sich, am Südabhange des Elias nördlich wendend, in die Gegend von Lüthorst, Eimen, Wenzen mit den Gewittern vereinigte, welche schon längere Zeit hindurch dem Hils entlang aus Nordwesten herangezogen waren und theils östlich bis über die Leine hinüber bis an den Heberberg vordrangen, theils bei Voldagsen nach Nordosten umbogen. Der Zug über den Solling und die Rothenkirchener Berge erfolgte in $2^1/_2$ Stunden, was eine mittlere Geschwindigkeit von 18 Kilometer per Stunde ausmacht. Erhebliche Verwüstungen haben diese Gewitter nicht hervorgebracht, nur in Fredesloh hat der Blitz gezündet. Anders die dem Hils entlang gezogenen Gewitter. Zwar räumlich beschränkter, stehen sie doch denen des südlichen Leinethales an Furchtbarkeit ihrer Wirkungen kaum nach: das Thal des krummen Wassers ist durch Hagelschlag und einen nordwestlich von Wenzen gefallenen Wolkenbruch auf das Aergste verwüstet. War den Gewittern der

ersten Gruppe ein Vorschreiten in breiter Front charakteristisch, so zeichnete sich diese durch eine äußerst geringe Frontentwicklung aus.

Wieder anders haben sich die Gewitter der dritten Gruppe entwickelt. Sie sind von einem gemeinsamen Herde, der zwischen Herzberg und Gieboldehausen gesucht werden muß, strahlenförmig nach beinahe allen Richtungen hin fortgezogen. Von hier stammen die Gewitter, welche Nachmittags von 3 Uhr bis 8 Uhr über Ebergötzen nach Waake gingen und sich hier am Ostabhange des Göttinger Waldes stauten. Von hier zogen die Gewitter nach Süden und Südosten, in die Gegend von Duderstadt nach Nordhausen, nach Osten (Lauterberg), nach Nordosten (Sieberthal) und endlich nach Norden, nach Osterode. Ihre Hauptentwicklung haben diese Gewitter im Osten und Südosten in der Goldenen Aue wahrscheinlich erst in der Nacht erfahren, im Gebiete der Leine sind sie wahrhaft verderblich nur in der Duderstädter Gegend geworden; außer starkem Hagel (es sind Hagelsteine von sechs Centimeter Durchmesser gemessen worden, welche zahlreiche Fensterscheiben und Dachziegel zertrümmerten und namentlich in den Fluren im Südwesten von Duderstadt, Tiftlingerode und Immigerode schädigten) sind hier im Bereich der Hahle und Ruthe enorme Wassermengen niedergegangen, die in ihrer verheerenden Wirkung durch einen Wolkenbruch in der Nähe von Worbis noch mächtig gesteigert worden sind, so daß sich die Ueber- und Verschwemmungen über weite Flächen bis nach Gieboldehausen erstreckten. Auch hier sind im Süden und Südwesten des Herdes mehrere Gewitter einander gefolgt, sie kamen in diesen Richtungen früher zur Entwicklung und dauerten länger als im Norden und Nordosten, wo sie erst gegen 5 Uhr auftraten und schon um 8 Uhr wieder erloschen waren.

Jene Gewitter endlich, welche am 1. Juni über Heiligenstadt, Leinefeld und Dingelstedt zur Entwicklung kamen, dürften mehr localer Natur gewesen sein. Dafür spricht, daß sie sich den übrigen Gewittern nicht ungezwungen anreihen lassen; daß sie jene Orte dauernd umkreisten oder fortwährend hin- und wieder zurückzogen; endlich daß sie hier von zum Theil heftigen Winden, welche die ganze Windrose durchliefen, begleitet waren, während im ganzen übrigen Gebiete nur mäßige Winde oder Windstille beobachtet wurde.

Auch in der Nacht vom 1. zum 2. Juni sind im oberen Leinethale mehr oder weniger heftige und zahlreiche Gewitter niedergegangen, die abermals gewaltige Regenmassen brachten. Hagel ist aber nur ausnahmsweise und dann nur sehr wenig gefallen. Ueber die Richtung, in welcher diese Gewitter zogen, kann im Einzelnen nichts Bestimmtes ausgesagt werden; es scheint, als ob dieselben von 12 bis 5 Uhr überall nahezu dieselbe Richtung von Südwesten nach Nordosten verfolgten. Im nordöstlichen Gebiete waren

Wolke entstanden, die nicht aus gewöhnlichen Wasserdämpfen, sondern allein aus Aschentheilchen gebildet war.

Ebenso waren die Vesuvausbrüche in den Jahren 1767, 1779 und 1794 von Gewittererscheinungen begleitet. Die von Sir William Hamilton im Jahre 1799 beobachteten Blitze waren von keinem wahrnehmbaren Geräusche begleitet, wohl aber jene vom Jahre 1794. Das unter dem alleinigen Einflusse des Vulkans gebildete Gewitter glich in allen Beziehungen den gewöhnlichen Gewittern; die aus ihm hervorbrechenden Blitze riefen die gewöhnlichen Unfälle hervor. Von dieser vollständigen Gleichheit zwischen den Wirkungen der vulkanischen und der gewöhnlichen Gewitter hatte man besonders Gelegenheit, sich durch Untersuchung der vom Blitze getroffenen Wohnung des Marchese von Berio in San Jorio zu überzeugen. Die Aschentheilchen, aus welchen die vulkanische Wolke zum größten Theile bestand, waren so fein, wie spanischer Tabak. Diese Wolke wurde durch den Wind bis über die Stadt Tarent, also bis in eine Entfernung von fast 50 Meilen vom Vesuv geführt, und auch dort noch brachte ein aus ihr herabfahrender Blitzstrahl große Verwüstungen in einem Hause hervor.

In gleicher Weise wird über vulkanische Gewitter berichtet, welche bei den Ausbrüchen des Aetna im Jahre 1755, auf der Insel Sabrina (in der Nähe der Azoreninsel St. Michael) im Jahre 1811 und des kleinen Vulkanes, welcher 1831 zwischen Sicilien und Pantellaria entstand, beobachtet wurden.

Auch Palmieri, der unerschrockene Beobachter am Vesuvobservatorium, hat wiederholt Gelegenheit gehabt, die Erscheinung vulkanischer Gewitter ganz in der Nähe zu beobachten, und besonders war dies der Fall beim Ausbruche im Jahre 1861 und bei jenem des Jahres 1872, der noch stürmischer als der erste verlief. Nach meinen Beobachtungen, sagt Palmieri, tritt die Elektricität des Rauches nur dann in Form von Blitzen auf, wenn der sich reichlich entwickelnde Rauch auch viel Sand oder Asche mit sich führt. Aus eben diesem Grunde war der große Ausbruch des Jahres 1850, bei welchem keine Asche ausgeworfen wurde, von keinen Blitzerscheinungen begleitet, ungeachtet der großen Kraftentfaltung des Kraters. Bei Durchmusterung der großen Ausbrüche des Vesuvs fand Palmieri, daß Blitze immer nur für solche Fälle verzeichnet waren, in welchen ein starker Aschenregen, der aus den in der Höhe schwebenden Rauchmassen kam, stattfand.

3. Ausbreitung und Verlauf der Gewitter.

Es bedarf wohl keiner näheren Begründung, daß es für die Feststellung der Mechanik der Gewitter von wesentlichem Belange ist, deren Ausbreitungs-

beobachtet wurde, da sie nach beiden Seiten über das Beobachtungsgebiet hinausgriff.

Auch für Oberitalien und speciell für das Pothal gilt nach der bereits oben (S. 243) erwähnten Arbeit Ferrari's im allgemeinen als Regel, daß die Gewitter von Westen nach Osten ziehen; unter allen Gewittern, welche Ferrari dem Studium unterworfen hat, fand sich nur eines mit entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung. Der Verlauf der einzelnen Gewitter wurde durch Karten dargestellt, auf welchen man jene Orte durch Linien verband, an welchen das Gewitter zur selben Zeit seine größte Intensität erreicht hatte. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die große Regelmäßigkeit der so erhaltenen Isochronen zum Theile dem hierbei angewandten Abrundungsverfahren zuzuschreiben ist. Die Zugrichtung der Gewitter steht selbstverständlich senkrecht auf den Isochronen.

Jene Gewitter, welche sich über größere Gebiete erstrecken, zeigen eine zweifache Art der Fortpflanzung: Die einen schreiten geradlinig fort, so daß die Isochronen gerade parallele Linien werden, wie dies zum Beispiel für die Gewitter vom 29. Mai und vom 21. Juli aus Tafel VII zu erkennen ist; die anderen verbreiten sich von einem Punkte aus nach verschiedenen Richtungen, so daß die Isochronen concentrische Kreisstücke werden, wie in Figur 103. Man kann bei den meisten Gewittern die Beobachtung machen, daß die aufeinanderfolgenden Isochronen keineswegs eine constante Länge beibehalten, sondern im Gegentheil fort und fort zu- oder abnehmen, d. h. daß die Gewitter mit wechselnder Breitenausdehnung weiterziehen. Es scheint sonach, daß gewisse Landstriche die Bildung von Gewittern begünstigen, während wieder andere derselben entgegenwirken. (Ferrari spricht von Anziehung und Abstoßung der Gewitter durch verschiedene Gegenden.) Noch interessanter ist die Beobachtung, daß einzelne Isochronen plötzlich unterbrochen erscheinen, wie dies z. B. an den Isochronen 1^h p (1 Uhr Nachm.) Gewitter vom 29. Mai, Tafel VII, und 6^h p in Figur 103 zu sehen ist. Hierzu muß bemerkt werden, daß bei einzelnen dieser Erscheinungen die hierüber eingelaufenen Beobachtungen zahlreich genug sind, um die Realität der Erscheinung außer Zweifel zu setzen. Ob hier ein Zufall waltet oder eine durch locale Umstände erzielte Wirkung vorliegt, können wohl erst jahrelang fortgesetzte Beobachtungen lehren.

Ein auffallendes Beispiel für die Discontinuität der Isochronen stellt das Gewitter vom 22. Juli 1880 (Fig. 104) dar. Um Mittag war die Front des Gewitterzuges durch ein ununterbrochenes Kreisstück gekennzeichnet; um 1 Uhr Nachmittag hingegen rückte ein Theil gegen Südosten vor, wo die Gewittererscheinungen genau in jener Sackgasse ihr Ende fanden, welche durch das Zusammentreffen der Alpen und Apenninen gebildet wird; der andere

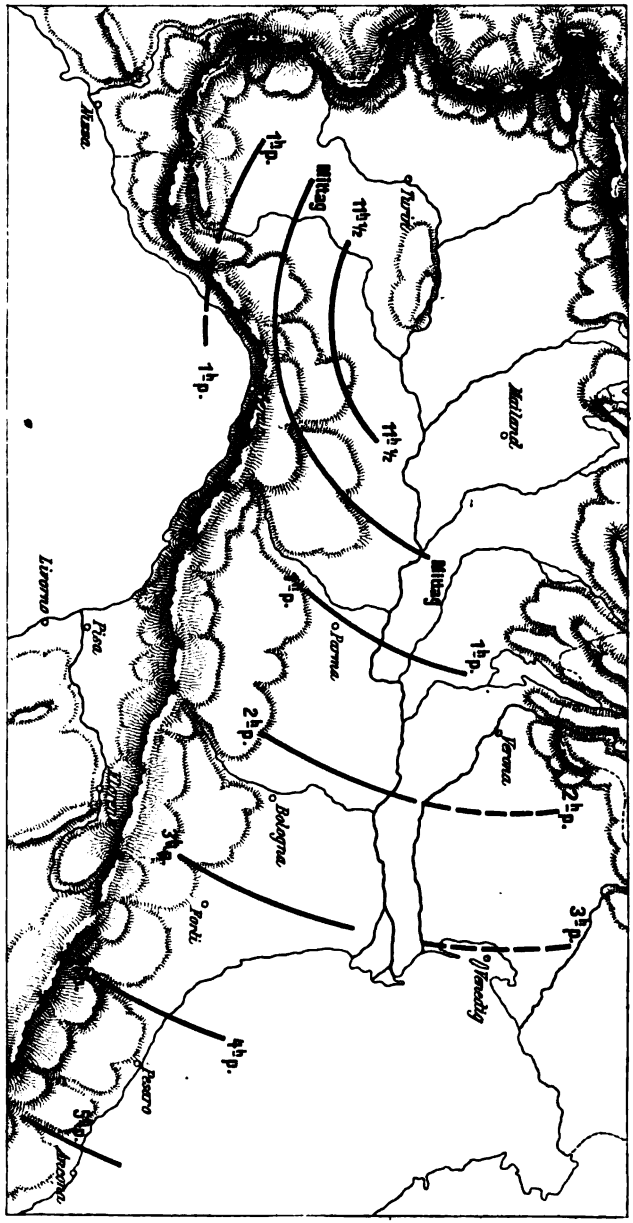


Fig. 104.

Gewitter vom 28. Juli 1880.

Theil zog am nordöstlichen Abhange der Apenninen weiter und gelangte bis nach Ancona, ohne jedoch an irgend einer Stelle in das Toscanische überzutreten. Aus dem Verlaufe beider Gewitterzüge ist ersichtlich, daß weder

der eine noch der andere im Stande war, das Gebirge zu überschreiten. Als in gleicher Weise wirkendes Hinderniß würde nach der Karte auch das Meer erscheinen; die Unterbrechung der Isochronen durch das Adriatische Meer könnte jedoch auch der Unzulänglichkeit der gesammelten Berichte zuzuschreiben sein. Unzweifelhaft erscheint jedoch die Wirkung der Apenninen; sie ist in gleicher Weise auch bei den Gewittern vom 29. Mai (Tafel VII) zu erkennen.

Bezüglich der Geschwindigkeit, mit welcher die Gewitter ziehen, hat Ferrari durch zahlreiche Messungen auf der Karte gefunden, daß dieselbe für das Pothal im Mittel 33·6 Kilometer per Stunde beträgt, für Ligurien und Mittelitalien 38·9 Kilometer und daß die Geschwindigkeit im erstbenannten Gebiete von Westen gegen Osten hin zunimmt: für Piemont 33·3, für Lombardei und West-Emilia 33·6 und für Venetien sammt Ost-Emilia 35·4 Kilometer per Stunde. Die Geschwindigkeit ändert sich jedoch auch mit der Jahreszeit und erreicht im Monate Juli ihr Maximum. Die Geschwindigkeit scheint auch abzunehmen, wenn das Gewitter dem Erlöschen nahekommt.

Besonderes Interesse verdienen auch die neueren Gewitterstudien aus Sachsen (der Bericht hierüber wurde bereits S. 243 erwähnt), weil hieraus die Eigenthümlichkeit hervorzugehen scheint, daß die in Sachsen auftretenden Gewitter ein auffallend geringes Bestreben zeigen, sich über größere Stellen fortzubewegen. Bezold, welcher die diesbezügliche Verarbeitung der Gewittermeldungen übernahm, faßte die hierbei erzielten Ergebnisse in nachstehender Weise zusammen.

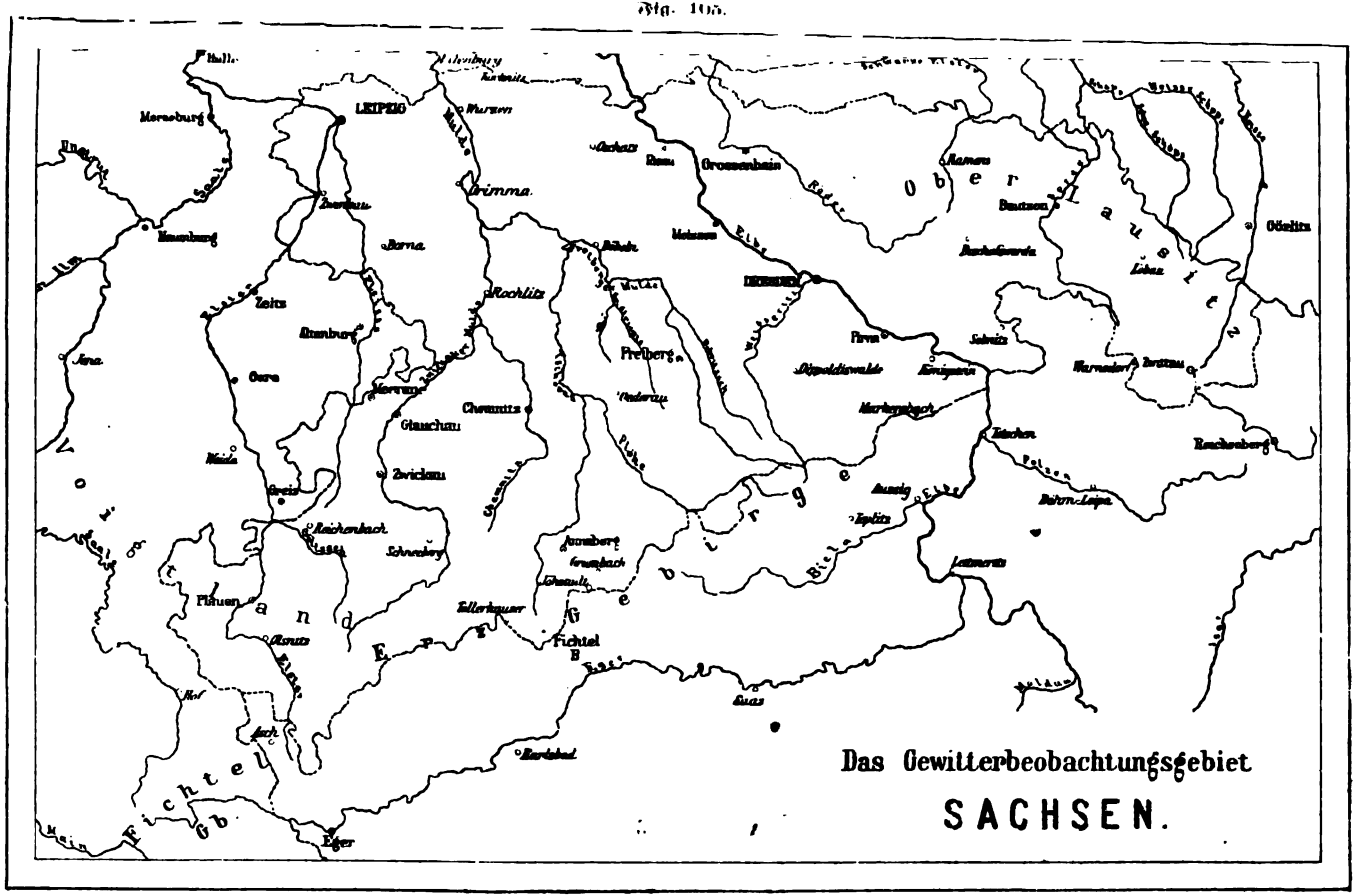
Es verbinden sich meist Gewitter, auch wenn viele Einzelgewitter sich gleichzeitig gebildet haben, zu einem großen, das, sofern man wesentlich jenen Raum ins Auge faßt, über welchem elektrische Entladungen stattfinden, im allgemeinen die Gestalt eines schmalen Bandes hat, das senkrecht steht auf der Fortpflanzungsrichtung des Gewitters. Die Karten, wie solche in den Resultaten aus den baierischen Beobachtungen publicirt sind, zeigten sehr einfache Formen. Die Linien des ersten Donners waren meist Gerade, welche sich parallel verschoben; hinterher und parallel erschienen die Linien des letzten Donners, und grenzten die für gleiche Zeiten geltenden Linien des ersten und des letzten Donners die Bezirke ab, innerhalb welcher zu diesen Zeiten Gewittererscheinungen stattfanden. In den Jahren 1883 und 1884 stellten sich diesen Arbeiten auch in Baiern Schwierigkeiten entgegen, da die Bildung von vielen localen Gewittern die Karten der Isobronten sehr verwickelt erscheinen ließ. Genau dasselbe läßt sich von den Karten für Sachsen 1884 sagen. Alle diese Karten sind so complicirt ausgefallen, daß das oben genannte Gesetz bezüglich der Fortentwicklung auch in keinem einzigen Falle voll bestätigt gefunden wurde.

Meistens zeigen sich an einem Tage mehrere Centren, von welchen aus Gewitterbildungen stattgefunden zu haben scheinen, und macht es den Eindruck, als ob dieselben, ähnlich den Wellen, welche ein ins Wasser geworfener Stein erzeugt, von da aus sich nach allen Seiten fortgepflanzt hätten. Da Klarheit auf diesem Wege nicht zu erlangen war, versuchte man einen andern, aber sehr mühsamen Weg. Es wurden an Tagen, welche besondere Gewittererscheinungen gezeigt hatten, für gewisse Zeiten festgestellt, an welchen Orten zu diesen Zeiten Gewitter stattgefunden hatten, und zwar wurden bei diesen ersten Versuchen die vollen Stunden gewählt. Wenn also ein Gewitter, wie z. B. das vom 3. Juni, gegen 2 Uhr Nachmittags ausbrach und bis gegen Mitternacht währte, so wurden für Mittag, 1 Uhr, 2 Uhr, 3 Uhr u. s. w. Nachmittags, die Orte mit Gewittererscheinungen aus den Kartenmeldungen ermittelt und für jede dieser Stunden eine Karte entworfen. So ließen sich durch Linien die Gebiete umgrenzen, welche ein Gewitter bedeckte, als auch Größe, Form der Gewitterherde, sowie deren Gestalts- und Lageänderung ermitteln. Die Verarbeitung des Materials nach diesen Gesichtspunkten erforderte das Entwerfen von 286 Karten. Die Resultate dieser Arbeiten sind sehr interessant und können als fruchtbringende Beiträge zur Erkenntniß der Gewittererscheinungen betrachtet werden. Um jedoch völlige Klarheit über die Ausbreitung der Gewitter zu erhalten, wäre es zu wünschen, daß auch in anderen Ländern die Gewitter auf diesem Wege auf das Sorgfältigste untersucht würden.

Soweit sich die Resultate übersehen lassen, fällt, wie bereits erwähnt, die geringe Tendenz zur Fortbewegung der Gewitter in Sachsen auf; es zeigen sich einzelne Gegenden, in welchen Gewitter auftreten; dieselben verändern ihre Form, ihre Größe, auch ihre Lage, es scheint aber jede Gewittererscheinung einen besonderen District zu haben. Ein eigentliches Fortbewegen eines Gewitters von einem Ende des Landes zum andern hat an keinem Tage constatirt werden können. Dennoch findet oft die Erstreckung eines Gewitterherdes auf ziemliche Entfernung hin statt — es hat dies aber mehr den Charakter einer Ausbreitung, als einer Fortbewegung. An vielen Tagen sind in den Karten Verschmelzungen von an verschiedenen Orten entstandenen Gewittern angedeutet, umgekehrt macht es den Eindruck, als ob Theilungen ausgebreiteter Herde in einzelne Gewitter stattgefunden hätten. Als besonders interessant tritt häufig das Verschwinden der stationären kleinen Gewitter durch langsame aber stetige Verminderung des Flächenraumes derselben auf.

Alle diese Einzelheiten zeigt namentlich das Gewitter am 3. Juni, bei dem dieselben fest verbürgt erscheinen. Die Gewitter traten an diesem Tage gegen 2 Uhr im Elsterthale — der Gegend von Plauen und Oelsnitz — auf. Die Axe des ovalen Bezirkes erstreckte sich von Nordwesten nach Süd

Fig. 105.


Das Gewitterbeobachtungsgebiet
SACHSEN.
LEIPZIG
Merseburg
Naumburg
Zeitz
Altenburg
Gera
Jena
Weida
Greiz
Reichenbach
Plauen
Olsnitz
Asch
Eger
Hof
Main
Grimma
Borna
Rochlitz
Chemnitz
Glauchau
Zwickau
Schneeberg
Tellerhauser
Fichtel
Freiberg
Oderau
Grossenhain
Meissen
Elbe
Pirna
Dippoldiswalde
Königstein
Markersbach
Tetschen
Aussig
Teplitz
Bielau
Lestnerts
Bautzen
Ramenz
Löbau
Zittau
Warnsdorf
Reichenberg
Böhm.-Leipa
Gösslitz
Ober Lausitz
Voigtland
Erz Gebirge
Fichtel Gb.
Eger
Karlsbad
Saas
Moldau
Weisse Schöpse
Schöpse
Neisse
Ilm
Saale
Elster
Mulde
Pleiße
Chemnitz
Zwickauer Mulde
Weißeritz
Rödel
Wesenitz
Polzen
Biela
Eger

osten. Um 3 Uhr hatte sich das Oval bis herunter an die Südspitze Sachsens ausgedehnt, also nach Südosten zu, ohne im Nordwesten Terrain zu verlieren. Von da an bis 4 Uhr dehnte sich der Gewitterherd nach Norden zu aus, es verlegte sich dabei die Axe mehr in eine Richtung Nord—Süd. Dieses Ausdehnen dauerte fast bis 5 Uhr und erstreckte sich nun auch nach Osten, so daß um 5 Uhr der ganze Theil Sachsens, welcher westlich von der Zwickauer Mulde liegt und sich nach Norden zu bis nach Zwickau erstreckt, als ein Gewitterbezirk betrachtet werden konnte. Von da an verringerte sich die Fläche derart, daß die Ostgrenze blieb, die Gewittererscheinungen aber von Westen nach Osten abnahmen. Dann aber schrumpfte das Gebiet von allen Seiten zusammen, und es ließ sich um 7 Uhr nur noch ein kleines Gewitter im Göltzschthale erkennen. Um 4 Uhr trat an demselben Tage ein Gewitter in der Gegend von Jöhstadt auf, welches mit dem ersteren im Voigtlande in gar keinem Zusammenhange zu stehen schien. Dasselbe erstreckte sich anfangs nach Westen, nach dem Fichtelberg zu. Um 6 Uhr bildete das Gewitter ein Oval, welches sich nach Nordosten bis nach Grumbach und längs der Grenze hin bis über Tellerhäuser hinzog. Von da an trat das Zusammenziehen ein, um 7 Uhr war das Gewitter in einem kleinen Bezirk mit Jöhstadt als Centrum, aber etwas mehr nach Nordosten liegend, wahrnehmbar; dann zog es sich immer mehr zusammen, ohne seine Lage zu ändern, d. h. ohne die Gegend von Jöhstadt zu verlassen, und war um 11 Uhr Abends als erloschen zu betrachten.

Ein weiteres Gewitter erschien um 7 Uhr Abends in der Gegend von Zwenkau, breitete sich nach Nordosten über Leipzig, Wurzen, Röcknitz sowohl, als auch etwas nach Südwesten aus, verschwand aber von 10 Uhr an nach Nordosten über die Grenze. Interessant sind zwei kleine Gewitter, von denen das eine in der Gegend von Döbeln, das andere über Freiberg, ebenfalls um 7 Uhr Abends, sich bildete. Beide erschienen um 8 Uhr zu einem größeren Gewitter vereinigt, welches zwischen Döbeln und Freiberg, von der Striegis an sich bis nahe an die Elbe erstreckt zu haben scheint. Als Centrum erschien hier das Knie, welches die Freiberger Mulde zwischen den Einflüssen des Bobritzsch und Striegis bildet, und blieb das Gewitter, immer an Umfang abnehmend, über dieser Gegend bis 11 Uhr stehen.

Ein anderes Bild bot das Gewitter, welches sich um 8 Uhr Abends in dem ganzen Bezirke südlich von Markersbach, Königstein, Sebnitz, in nördlicher Richtung bis in die Löbauer Gegend erstreckte. Um 9 Uhr zeigte sich dasselbe getheilt. Der eine Theil erstreckte sich längs der Elbe bis nach Dresden und verblieb hier constant bis 11 Uhr. Der zweite Theil zog sich über der Lausitz zusammen und reichte nördlich bis nach Bautzen hinauf. Als Centrum

erschien die Gegend von Löbau und blieb auch über diesen Gegenden bis 12 Uhr, dabei an Umfang stetig verlierend.

Diese und ähnliche Erscheinungen zeigen sich fast an jedem Gewittertage des Berichtsjahres und man kann daraus schließen, daß ihnen eine reelle Bedeutung doch wohl wird beigemessen werden können. Jedoch können die bisher erlangten Resultate doch nur als Fingerzeige betrachtet werden und erst die Zukunft muß lehren, wie weit sich hieraus Thatsachen erweisen werden und welchen Einfluß Zufälligkeiten, mangelhafte Beobachtungen und Phantasie der Bearbeiter gehabt haben. Es ist besonders schwer, die Erstreckung der Gewitterherde festzustellen, da es sich oft kaum constatiren läßt, ob an Stationen, welche zwischen zwei Gewittern zu liegen scheinen, wirklich keine Gewittererscheinungen wahrgenommen werden konnten, oder ob nur die Ausfertigung und Absendung der Karten vergessen worden war.

Im deutschen Reichs-Telegraphengebiete wird der Gewitterbeobachtungsdienst, wie angegeben (S. 239), durch die Bediensteten der Telegraphenstationen besorgt und schon dieser Umstand bringt es naturgemäß mit sich, daß die Beobachtungen mehr vom technischen als vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus gemacht werden; die Resultate, welche in naturwissenschaftlicher Beziehung hieraus gewonnen werden können, treten daher vor jenen technischer Natur (Wirkungen der Gewitter auf Telegraphenleitungen, Apparate u. s. w.), auf welche man hier den Hauptwert legt, zurück. Immerhin sind aber auch in ersterwähnter Beziehung ganz interessante Beobachtungen zu verzeichnen.

Seit dem Jahre 1882 wird, soweit dies die Umstände gestatten, regelmäßig die Richtung angegeben, in welcher das betreffende Gewitter aufzog, und hiernach ergaben sich Gewitter:

	Im Jahre:			
	1882	1883	1884	1885
aus Südwesten . . .	914	695	1040	870
„ Westen	548	466	768	544
Süden	351	235	334	317
Nordwesten . . .	272	219	370	243
„ Südosten . . .	231	181	230	242
Nordosten . . .	141	107	161	95
Osten	133	97	191	137
Norden	94	64	120	78

Man ersieht hieraus, daß auch für das deutsche Reichs-Telegraphengebiet die weitaus überwiegende Anzahl der Gewitter in west-östlicher Richtung zieht, wie dies ja überhaupt für ganz Mitteleuropa der Fall ist.

Bezüglich der Art des Fortschreitens der Gewitter hat Ludewig constatirt, daß sich dasselbe an einzelnen Tagen häufig von einem oder mehreren Centren aus in verschiedenen Richtungen verfolgen läßt, wenn auch fast niemals die Linien, welche stundenweise die Orte mit gleichliegenden Zeiten des ersten Auftretens der Gewitter miteinander verbinden, gewisse Räume völlig von einander trennten. Namentlich am 27. September 1883 lassen sich die Gewitter in ihrem Fortschreiten in der Zeit vom Morgen bis zum Abend vom südlichen Elsaß in nordöstlicher Richtung bis zur russischen Grenze bei Thorn verfolgen; die hier für Baiern fehlenden Aufzeichnungen markiren sich in der Zeitlücke von 11 Vormittags (Pforzheim) bis 1 Uhr Nachmittags (Plauen und Pausa). Jedoch auch hier kommen einzelne Meldungen mit früherer Zeit vor aus Orten, welche östlicher, beziehungsweise nordöstlicher gelegen und als andere westlich und südwestlich gelegene Orte mit späteren Gewittermeldungen. Die Verläßlichkeit der Gewittermeldungen vorausgesetzt, glaubt Ludewig aus diesem Gewitter sowie auch aus den meisten übrigen Gewittertagen schließen zu sollen, daß die Gewitter in ihrer Verbreitung zwar gewisse Richtungen verfolgen, daß sie sich aber nicht continuirlich, sondern, wie dies auch in den »Annalen der Hydrographie« von Andries geschildert wird, gewissermaßen sprungweise verbreiten, von einem Orte zu einem entfernteren, und dazwischenliegende Orte unberührt lassend, sowie auch an einzelnen Stellen wieder zurückspringend. Bei dem erwähnten Gewitter vom 27. September lassen sich hierfür die folgenden Daten anführen, aus welchen sich der Verlauf des Gewitters am ganzen Tage leicht verfolgen läßt.

Zeit der Meldungen	aus:
von 9 Uhr V. an	Straßburg (Elsaß),
11 »	Pforzheim,
1 N.	Plauen, Pausa,
2	Lobenstein (südwestlich von Plauen u. Pausa), Glauchau, Zwickau,
3	Chemnitz, Dresden
4	Kamenz, Elstra, Glogau (über spätere Meldungen vorgreifend),
5	Berggießhübel, Pauschwitz, Hoyerswerda, Spremberg, Sorau, Deutsch-Wartenberg,
6	Bautzen, Freystadt,
8	Schrimm,
9	Strzalkewo.

Aehnliche Verhältnisse erhielt Ludewig fast bei allen Gewittererscheinungen, welche sich über größere Landstriche verbreitet haben und nicht auf einzelne Punkte local beschränkt geblieben sind. Namentlich sind noch zwei am

beobachtet wurde, da sie nach beiden Seiten über das Beobachtungsgebiet hinausgriff.

Auch für Oberitalien und speciell für das Pothal gilt nach der bereits oben (S. 243) erwähnten Arbeit Ferrari's im allgemeinen als Regel, daß die Gewitter von Westen nach Osten ziehen; unter allen Gewittern, welche Ferrari dem Studium unterworfen hat, fand sich nur eines mit entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung. Der Verlauf der einzelnen Gewitter wurde durch Karten dargestellt, auf welchen man jene Orte durch Linien verband, an welchen das Gewitter zur selben Zeit seine größte Intensität erreicht hatte. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die große Regelmäßigkeit der so erhaltenen Isochronen zum Theile dem hierbei angewandten Abrundungsverfahren zuzuschreiben ist. Die Zugrichtung der Gewitter steht selbstverständlich senkrecht auf den Isochronen.

Jene Gewitter, welche sich über größere Gebiete erstrecken, zeigen eine zweifache Art der Fortpflanzung: Die einen schreiten geradlinig fort, so daß die Isochronen gerade parallele Linien werden, wie dies zum Beispiel für die Gewitter vom 29. Mai und vom 21. Juli aus Tafel VII zu erkennen ist; die anderen verbreiten sich von einem Punkte aus nach verschiedenen Richtungen, so daß die Isochronen concentrische Kreisstücke werden, wie in Figur 103. Man kann bei den meisten Gewittern die Beobachtung machen, daß die aufeinanderfolgenden Isochronen keineswegs eine constante Länge beibehalten, sondern im Gegentheil fort und fort zu- oder abnehmen, d. h. daß die Gewitter mit wechselnder Breitenausdehnung weiterziehen. Es scheint sonach, daß gewisse Landstriche die Bildung von Gewittern begünstigen, während wieder andere derselben entgegenwirken. (Ferrari spricht von Anziehung und Abstoßung der Gewitter durch verschiedene Gegenden.) Noch interessanter ist die Beobachtung, daß einzelne Isochronen plötzlich unterbrochen erscheinen, wie dies z. B. an den Isochronen 1^{h} p (1 Uhr Nachm.) Gewitter vom 29. Mai, Tafel VII, und 6^{h} p in Figur 103 zu sehen ist. Hierzu muß bemerkt werden, daß bei einzelnen dieser Erscheinungen die hierüber eingelaufenen Beobachtungen zahlreich genug sind, um die Realität der Erscheinung außer Zweifel zu setzen. Ob hier ein Zufall waltet oder eine durch locale Umstände erzielte Wirkung vorliegt, können wohl erst jahrelang fortgesetzte Beobachtungen lehren.

Ein auffallendes Beispiel für die Discontinuität der Isochronen stellt das Gewitter vom 22. Juli 1880 (Fig. 104) dar. Um Mittag war die Front des Gewitterzuges durch ein ununterbrochenes Kreisstück gekennzeichnet; um 1 Uhr Nachmittag hingegen rückte ein Theil gegen Südosten vor, wo die Gewittererscheinungen genau in jener Sackgasse ihr Ende fanden, welche durch das Zusammentreffen der Alpen und Apenninen gebildet wird; der andere

In dem Berichte, der in der Berliner »Elektrotechnischen Zeitschrift« über die Gewitterbeobachtungen im deutschen Reichstelegraphengebiete veröffentlicht wurde, ist eine interessante Uebersicht über die Verbreitung der Gewitter am 6. und 7. Juni 1885 enthalten, deren graphische Darstellung wir in Figur 106 wiedergeben. Die senkrechten Striche bezeichnen die aus Süden und Westen, die wagrechten die aus Norden und Osten beobachteten Gewitter. Zur Unterscheidung sind die Gewitterbeobachtungen vom 6. Juni mit schwachen Strichen, die vom 7. Juni mit starken Strichen eingezeichnet.

4. Beziehungen des Luftdruckes und der Temperatur zu den Gewittern.

Schon vor geraumer Zeit suchte man, wie G. Hellmann (in der »Zeitschrift für Meteorologie« 1884) nachgewiesen hat, die Beziehungen festzustellen, welche zwischen den Gewittererscheinungen einerseits und der Temperatur und dem Barometerstande andererseits bestehen. Die Priorität ist nach Hellmann dem Erfurter Professor J. J. Planer zuzuschreiben, der in »Beobachtung der Veränderung der Luft und der Witterung in Erfurt vom Jahre 1782 das Factum an mehreren Beispielen erläutert. Im benachbarten Nordhausen machte der eifrige Rosenthal dieselbe Beobachtung und zog daraus ein Merkmal für das Herannahen der Gewitter. In einem an den Legationsrath Lichtenberg gerichteten Schreiben, ddo. Nordhausen den 4. September 1784, faßte er seine Beobachtungen in folgender charakteristischer Weise zusammen:

»Wenn sich ein Donnerwetter dem Orte, wo sich ein Barometer befindet, nähert, so wird der Mercurius in der Röhre zu steigen anfangen. Je näher das Donnerwetter zum Zenith des Beobachters kommt, desto höher wird das Queckſilber steigen, und seinen höchsten Stand erreichen, wenn die Gewitterwolke in der kleinsten Entfernung von dem Beobachter ist. Sobald aber die Wolke das Zenith verläßt, oder ihre Entfernung von dem Beobachter wächst, so fängt sich auch das Gewicht der Atmosphäre wiederum an zu vermindern, in welchem Verhältniß dann das Queckſilber der Röhre fällt. . . .«

Planer's und Rosenthal's Beobachtungen bestätigte später der Berliner Prediger Gronau als 79jähriger Greis an seinen mehr als ein Menschenalter umfassenden Beobachtungen, und als Fechner in seiner deutschen Ausgabe von Biot's Experimentalphysik die Bemerkung machte, er wisse nicht, ob die Beobachtungen Rosenthal's anderweitig bestätigt worden seien, veröffentlichte ein anderer Veteran unter unseren deutschen meteorologischen Beobachtern, Dr. Strehlke, damals (1830) Professor in Danzig, eine Notiz »über den Einfluß der Gewitter auf den Barometerstand«, in welcher er an mehreren

Beispielen aus seinen Beobachtungen in den Jahren 1827—1830 die Richtigkeit jener Thatsachen erläutert; damit stimmt auch Kämtz überein.

Ph. Carl hat aus einer Zusammenstellung der bei Gewittererscheinungen beobachteten Temperaturen gefunden, daß die Temperatur vor dem Ausbruche eines Gewitters über dem Monatsmittel steht, durch das Gewitter selbst aber eine Erniedrigung erleidet, welche bei Nacht geringer ist als am Tage; besonders auffallend sind die Temperaturerniedrigungen, wenn mit dem Gewitter Hagel auftritt.

Die Beziehungen der Gewitter zum Barometerstande wurden auch von Prestel und von Buys-Ballot untersucht und die Richtigkeit der Regel festgestellt: Wenn an einem Orte die Temperatur jeweilig über die mittlere hinausgeht, so kommt ein Gewitter stets dann zum Ausbruche, wenn der Barometerstand bei seinem Uebergange von einem Minimum zu einem Maximum oder umgekehrt, sich soweit vermindert hat, daß er mit dem mittleren Barometerstande des Beobachtungsortes nahe übereinstimmt.

Für Utrecht hat Krecke, wie H. J. Klein mittheilt, durch eine Untersuchung von 88 Gewittern in den Monaten Juni bis August gefunden, daß in dieser Zeit dem Ausbruche eines Gewitters eine Temperaturerhöhung vorangeht. Nach dem Gewitter sinkt die Temperatur meist, am stärksten 10—12 Stunden später, und diese Erniedrigung betrug im Mittel 1·4 Grad Celsius, zuweilen aber 6·8 Grad. Der Barometerstand war 71mal unter dem Mittel, sonst darüber. Beinahe immer nahm der Luftdruck schon ein bis zwei Tage vorher ab, und diese Abnahme dauerte bis bald nach dem Gewitter. Im Mittel sank das Barometer 4 Millimeter, zumeist aber 15 Millimeter. In drei Viertel aller Fälle hatte sich der Wind nach dem Gewitter gedreht und meist bedeutend, daß er beinahe dem früheren direct entgegengesetzt war.

Meyer's eingehende Untersuchungen der Gewitter im oberen Leinethale am 1. Juni 1886 (S. 264) wurden auch auf die gleichzeitig beobachteten, beziehungsweise registrirten Barometerstände erstreckt. Meyer berichtet diesbezüglich Nachstehendes:

Im Laufe des Vormittags ist das Barometer im ganzen Gebiete gefallen, und zwar im westlichen Theile, wo die Gewitter am heftigsten waren, am stärksten: Cassel 2·3, Göttingen 1·9 (bis zum Ausbruche des Gewitters 2·5), Heiligenstadt 1·7 und Nordhausen 1·3 Millimeter. Der weitere Verlauf des Luftdruckes konnte nur in Göttingen genauer verfolgt werden und zwar mit Hilfe eines von 15 zu 15 Minuten registrirenden Wagbarographen der dortigen Sternwarte und einer Reihe von Beobachtungen, welche Meyer am Barometer der dortigen meteorologischen Station ausgeführt hat. Hierbei zeigten die continuirlich registrirenden Instrumente, daß das Barometer beim Eintreten eines Gewitters

vom Fallen zum Steigen übergeht. Man hat daher in der Barographencurve ein Mittel, das Eintreten eines Gewitters der Zeit nach zu bestimmen. Allein, wenn eine Reihe von Gewittern eintritt, so kann es leicht vorkommen, daß die Sprünge in der Barographencurve wenig deutlich erscheinen. Nimmt man hierauf Rücksicht und beachtet man ferner, daß die aufeinanderfolgenden Barometerablesungen zeitlich getrennt sind, also rasch aufeinanderfolgende Wechsel dem Beobachter leicht, wenigstens theilweise, entgehen können, so wird es nicht verwundern, daß die Barographencurve, Figur 107, keine größeren Schwankungen aufweist. Aus ihr würden sich als Zeitpunkte, in denen Gewitter über Göttingen oder in dessen nächster Nähe standen, ergeben: 2 h 45 m (2 Uhr 45 Minuten), 3 h 30 m, 4 h, 4 h 45 m, 5 h 55 m, 6 h 15 m und 7 h, Termine, welche mit den übrigen Notizen einigermaßen im Einklange stehen. Für die Nachtgewitter liefert die Curve folgende Zeiten: 12 h 45 m, 2 h 30 m und 3 h 15 m; zu bemerken ist noch, daß die Curve theils nach den Angaben des von 15 zu 15 Minuten registrirenden Barographen der Sternwarte, theils nach den Barometerablesungen im physikalischen Institute in Göttingen gezeichnet wurde.

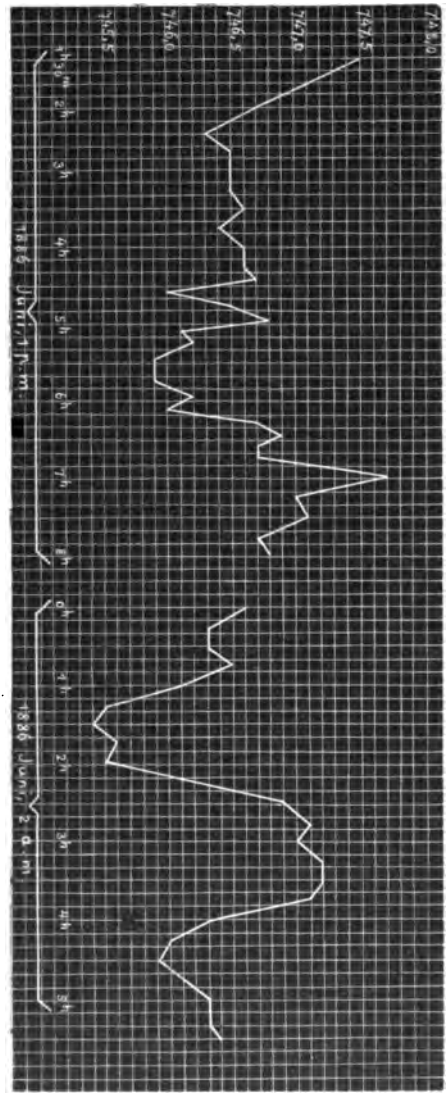


Fig. 107.

Barographencurve, aufgenommen in Göttingen.

Wie Hann in der meteorologischen Zeitschrift in einem Aufsatze über die Gewitterperioden in Wien mittheilt, stehen daselbst die Gewitter aus Nordosten, Osten und Südosten mit dem Barometer-Minimis über der nördlichen Adria und über Ungarn in causaler Beziehung; sie scheinen hauptsächlich der Nordwestseite der Mittelmeerdepressionen anzugehören, welche von der nördlichen Adria nach Ungarn heraufkommen, während die Gewitter aus Westen zumeist am Südost- und Südrande der atlantischen Depressionen entstehen. Die volle Giltigkeit dieser Sätze ist aber allerdings erst noch durch weitere Studien zu erweisen.

Für einen speciellen Fall (Köppen, über den Gewittersturm vom 9. August 1881) wurde auf den Zusammenhang zwischen den Gewittererscheinungen und den gleichzeitig herrschenden Luftdruck- und Temperaturverhältnissen bereits weiter oben (S. 251) hingewiesen.

Der Zusammenhang der Gewittererscheinungen mit den sonstigen Witterungsverhältnissen wurde in besonders eingehender Weise und für ausgedehntere Beobachtungsgebiete durch Ferrari in Italien und v. Bezold in Baiern studirt.

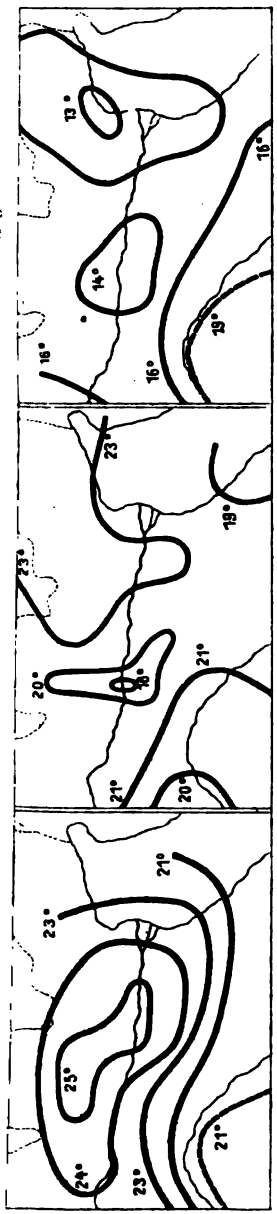
Ferrari wurde durch seine diesbezüglichen Studien (vergl. S. 269 u. 243) dazu geführt, Regeln für die Wetterprognose aufzustellen. Entwirft man eine Karte, auf welcher für einen bestimmten Zeitpunkt die Vertheilung des Luftdruckes dargestellt wird, und welche sich über hinreichend große Ländergebiete (z. B. über ganz Europa) erstreckt, so kann man bekanntlich aus dieser Karte ersehen, daß es Punkte gibt, an welchen das Barometer höher steht als an sämmtlichen ringsum gelegenen Orten, und daß der Barometerstand von diesem Centrum aus nach allen Seiten hin in fortwährender Abnahme begriffen ist; umgekehrt findet man Punkte, an welchen ein geringerer Luftdruck herrscht als an sämmtlichen umliegenden Orten, d. h. also es gibt Centren hohen Barometerstandes und solche niedrigen Barometerstandes. Das Entstehen und Vergehen, sowie das Wandern dieser Centren sind die wesentlichen Bedingungen des schönen oder stürmischen Wetters. Für die heiße Jahreszeit, in welcher fast sämmtliche Gewitter Oberitaliens statthaben, hat nun Ferrari folgende Regeln angegeben:

A. Hoher Barometerstand gut definirt und nahe — sehr schönes Wetter
hoher Bar.-Std. schlecht definirt u. entfernt — schönes Wetter
hoher Barometerstand entfernt zwischen Süd-Süd-Ost und Süd-Süd-West . . — einige hydroelektrische Erscheinungen
hoher Barometerstand zwischen Nord-Osten und Nord-Westen und niederer Stand zwischen Süden und Ost-Süd-Ost . . . . . — schönes Wetter

osten. Um 3 Uhr hatte sich das Oval bis herunter an die Südspitze Sachsens ausgedehnt, also nach Südosten zu, ohne im Nordwesten Terrain zu verlieren. Von da an bis 4 Uhr dehnte sich der Gewitterherd nach Norden zu aus, es verlegte sich dabei die Axe mehr in eine Richtung Nord—Süd. Dieses Ausdehnen dauerte fast bis 5 Uhr und erstreckte sich nun auch nach Osten, so daß um 5 Uhr der ganze Theil Sachsens, welcher westlich von der Zwickauer Mulde liegt und sich nach Norden zu bis nach Zwickau erstreckt, als ein Gewitterbezirk betrachtet werden konnte. Von da an verringerte sich die Fläche derart, daß die Ostgrenze blieb, die Gewittererscheinungen aber von Westen nach Osten abnahmen. Dann aber schrumpfte das Gebiet von allen Seiten zusammen, und es ließ sich um 7 Uhr nur noch ein kleines Gewitter im Göltzschthale erkennen. Um 4 Uhr trat an demselben Tage ein Gewitter in der Gegend von Jöhstadt auf, welches mit dem ersteren im Voigtlande in gar keinem Zusammenhange zu stehen schien. Dasselbe erstreckte sich anfangs nach Westen, nach dem Fichtelberg zu. Um 6 Uhr bildete das Gewitter ein Oval, welches sich nach Nordosten bis nach Grumbach und längs der Grenze hin bis über Tellerhäuser hinzog. Von da an trat das Zusammenziehen ein, um 7 Uhr war das Gewitter in einem kleinen Bezirk mit Jöhstadt als Centrum, aber etwas mehr nach Nordosten liegend, wahrnehmbar; dann zog es sich immer mehr zusammen, ohne seine Lage zu ändern, d. h. ohne die Gegend von Jöhstadt zu verlassen, und war um 11 Uhr Abends als erloschen zu betrachten.

Ein weiteres Gewitter erschien um 7 Uhr Abends in der Gegend von Zwenkau, breitete sich nach Nordosten über Leipzig, Wurzen, Röcknitz sowohl, als auch etwas nach Südwesten aus, verschwand aber von 10 Uhr an nach Nordosten über die Grenze. Interessant sind zwei kleine Gewitter, von denen das eine in der Gegend von Döbeln, das andere über Freiberg, ebenfalls um 7 Uhr Abends, sich bildete. Beide erschienen um 8 Uhr zu einem größeren Gewitter vereinigt, welches zwischen Döbeln und Freiberg, von der Striegis an sich bis nahe an die Elbe erstreckt zu haben scheint. Als Centrum erschien hier das Knie, welches die Freiberger Mulde zwischen den Einflüssen des Bobritzsch und Striegis bildet, und blieb das Gewitter, immer an Umfang abnehmend, über dieser Gegend bis 11 Uhr stehen.

Ein anderes Bild bot das Gewitter, welches sich um 8 Uhr Abends in dem ganzen Bezirke südlich von Markersbach, Königstein, Sebnitz, in nördlicher Richtung bis in die Löbauer Gegend erstreckte. Um 9 Uhr zeigte sich dasselbe getheilt. Der eine Theil erstreckte sich längs der Elbe bis nach Dresden und verblieb hier constant bis 11 Uhr. Der zweite Theil zog sich über der Lausitz zusammen und reichte nördlich bis nach Bautzen hinauf. Als Centrum

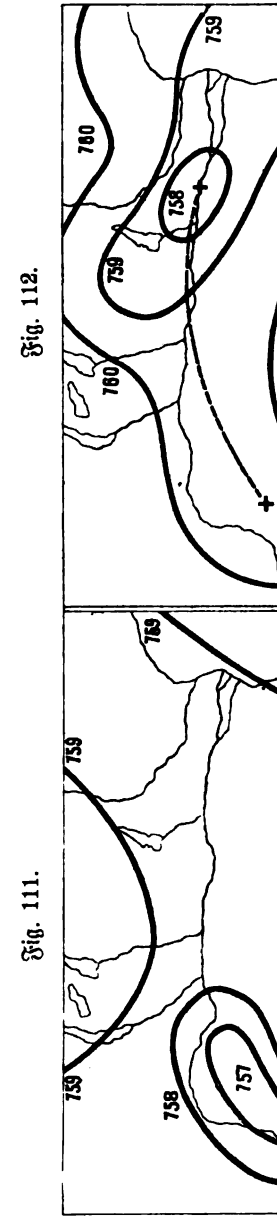


Isothermen am 28. Mai.

Isothermen am 29. Mai.

Einfluß des Gewitters vom 29. Mai auf die Temperatur.

Isothermen am 30. Mai.



Isobaren um 3 Uhr Nachmittags.

Isobaren um 9 Uhr Abends.

Luftdruck-Vertheilung während des Gewitters vom 21. Juli.

besonders deutlich im Frühling und Herbst hervor, da in diesen Jahreszeiten die Abend- und Morgentemperatur bedeutend unter jene des Tages sinkt.

Zur Erzeugung von Gewittern wirken also zwei Factoren zusammen: der eine, eine gewisse Vertheilung des Luftdruckes, ist allgemeiner Natur und unabhängig von der Localität des Gewitters; der andere, die Wärme, ist mehr localer Natur. Ersterer ohne letzteren kann zwar Regen zur Folge haben, aber nur dann gewitterbildend auftreten, wenn gleichzeitig der zweite Factor mitwirkt.

Ferrari's Beobachtungen lassen ganz deutlich erkennen, daß mit der Gewitterbildung eine kleine Barometerdepression verbunden ist, welche wenig tief und auf eine geringe Ausdehnung beschränkt, mit dem Gewitter entsteht, wandert und erlischt. Verfolgen wir z. B. das Gewitter vom 21. Juli 1880, dessen Verlauf auf der Karte Tafel VII dargestellt ist: die Luftdruckvertheilung, welche gleichzeitig herrschte, ersieht man aus den beiden Kärtchen in den Fig. 111 u. 112: das eine zeigt die Isobaren für 3 Uhr Nachm., das andere jene für 9 Uhr Abends. Auf beiden erkennt man eine schwache Depression, deren Centrum um 3 Uhr Nachmittags zwischen Turin und Alessandria steht, um 9 Uhr Abends Mantua passirt hat. Vergleicht man den Gang dieser Depression mit dem Fortschreiten des Gewitters, welches von Stunde zu Stunde durch die Isochronen auf der Tafel VII dargestellt ist, so wird man unschwer erkennen, daß Depression und Gewitter sich mit gleicher Geschwindigkeit fortbewegen, und daß das Gewitter genau dem Depressionscentrum folgt. Was dieses einzelne Beispiel erkennen läßt, ist nach Ferrari eine Thatsache von allgemeiner Giltigkeit. Sonach soll jedem Gewitter von größerer Ausdehnung eine specielle geringe Depression vorausgehen, welche Ferrari Gewitterdepression nennt; sie entsteht gewöhnlich an der Nordseite der allgemeinen Depressionen, ist aber von diesen ganz unabhängig.

Der Satz, daß Gewittererscheinungen größerer Ausdehnung, von Theildepressionen begleitet werden, deren Ursache oder Wirkung sie sind, hat in gleicher Weise v. Bezold für das baierische Beobachtungsgebiet als giltig befunden und die Resultate seiner diesbezüglichen Forschungen in der meteorologischen Zeitschrift mitgetheilt. Bezold entwarf für alle Tage, an welchen große Gewitter das Beobachtungsgebiet (S. 240) durchzogen, genaue Karten und constatirte durch Vergleichung dieser Karten für alle heftigeren Gewitter einen äußerst innigen Zusammenhang zwischen dem Verlaufe der Isobaren, Isothermen und Isobronten. Zum besseren Verständnisse desselben dienen die Beschreibungen zweier Gewitter, die durch Kärtchen entsprechend erläutert sind.

Das eine Gewitter fand am 30. Mai 1882 statt. Die Wetterkarte vom Morgen des vorhergegangenen Tages zeigte in einem über ganz Centraleuropa hinziehenden Gebiete höheren Druckes einzelne langgestreckte Kerne desselben und wurde deshalb die Prognose bereits auf Gewitterneigung gestellt. Am

Morgen des 30. selbst hatte sich die Luftdruckvertheilung bei geringer absoluter Schwankung des Barometers im Grunde genommen doch sehr erheblich verändert. Der Kern des barometrischen Maximums hatte sich nach Irland hin verlegt und über dem mittleren Frankreich war in dem immer noch vorhandenen Gebiete höheren Druckes eine flache Depression zu erkennen. Sie entsandte, wie sich aus der mit Sorgfalt entworfenen Isobarenkarte erkennen läßt, einen schmalen Ausläufer in unser Gebiet, dessen Axe durch die Linie Kaiserslautern-Landshut gekennzeichnet war. Die Temperaturen lagen schon am Morgen sehr hoch und ließen sich in der Isothermenkarte Wärme-Inseln entdecken, indem ein Tags vorher niedergegangenes Gewitter nur beschränkte Abkühlung gebracht hatte.

Da kam zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags ein Gewitter in der nördlichen Pfalz zum Ausbruche, überschritt um 3 Uhr den Rhein und trat wahrscheinlich nach Vereinigung mit südlicher entsprungenen, aus Elsaß oder Baden gekommenen um 5 Uhr in Württemberg und bei Aschaffenburg in Baiern ein, mit einer Frontlinie, die sich bald vom südlichen Schwarzwalde bis nach der Rhön hin erstreckte. Es durchzog, anfangs langsam, dann immer rascher weiterschreitend, fast ganz Baiern nördlich der Donau, berührte auch noch einen Theil von Schwaben südlich dieses Flusses. Dabei gingen in Ober- und Unterfranken, an vielen Stellen verheerende Hagelschläge nieder. In Kissingen und Umgebung wurde vielfach Schaden angerichtet und wurden Hagelkörner beobachtet von 3·5 Centimeter im Durchmesser, in Kitzingen sogar von 5—8 Centimeter, auch in Scheinfeld, Würzburg, Zell u. s. w. fiel schwerer Hagel, in Kleinwallstadt (am Main südlich von Aschaffenburg) wurden Hagelkörner im Gewichte von 200—250 Gramm gefunden. Auch in der Gegend von Bayreuth kamen an diesem Tage schwere Hagelschläge vor. Zugleich wüthete an den genannten Orten ein zum Orkane gesteigerter Sturm. Gegen 10 Uhr Abends fand dieses Unwetter im oberen baierischen Walde und in der Umgebung von Straubing sein Ende. Schon etwas früher am Nachmittag war das südliche Baiern von einem aus dem mittleren Württemberg stammenden Gewitter durchzogen worden und in den Abendstunden wurde es noch einmal von einem vom Bodensee nordöstlich weiterschreitenden berührt, doch fanden auch diese im Inneren unseres Gebietes ihr Ende, indem sie kaum die Grenzen von Niederbaiern überschritten, so daß die Umgebung der Donau von Ingolstadt abwärts verschont blieb.

Das Weiterschreiten des oben genannten Hauptgewitters überblickt man leicht aus dem in den ersten Kärtchen auf Tafel VIII enthaltenen roth ausgeführten Isobronten, und bemerkt man dabei, daß dieselben im Beginne, d. h. in der Pfalz, in ihrem Verlaufe eine gewisse Aehnlichkeit mit dem oben

beschriebenen Isobaren von 8 Uhr Morgens zeigen. Viel inniger aber ist dieser Zusammenhang zwischen den Isobaren von 8 Uhr Abends und der auf dem gleichen Zeitpunkt bezüglichen Isobronte, die deshalb auch durch größere Stärke hervorgehoben wurde und in dem rechts stehenden Kärtchen noch einmal eingezeichnet ist, während durch die schwarzen Linien in der linksstehenden Karte die Isobaren, in der rechtsstehenden die Isothermen für Abends 8 Uhr gegeben sind. Hierbei fällt nämlich sofort auf, daß beide Liniengruppen schon auf den ersten Blick einen Rückschluß darauf gestatten, wo in dem gegebenen Augenblicke der vordere Rand des Gewitters angekommen war.

Diese Stelle charakterisirt sich durch das Zusammendrängen der Isobaren (die Ursache des Gewittersturmes), sowie durch das entsprechende Aneinanderrücken der Isothermen. Wenn dabei nicht in allen Einzelheiten vollkommene Uebereinstimmung im Verlaufe dieser Linie herrscht, so ist dies theilweise darauf zurückzuführen, daß die Sicherheit der Angabe des Zeitpunktes ersten Donners doch immer von verschiedenen Nebenumständen beeinflußt wird, andererseits dadurch, daß der Zeitunterschied zwischen dem ersten Donner und dem Eintritte heftigen Regens, der Abkühlung bringt und dadurch den Verlauf der Isothermen beeinflußt, hier sehr in Betracht kommt.

Zur Beleuchtung dieses Punktes wurde der Raum, über welchem es um 8 Uhr bereits regnete oder zwischen 6 und 8 Uhr geregnet hatte, durch rothe Schraffirung hervorgehoben. Die Betrachtung des vorderen Randes dieses Raumes erklärt sofort, wie es kommt, daß bei Nürnberg der Verlauf der Isobronte nicht unbeträchlich von jenem der Isothermen abweicht, und erstere der Stelle des starken Temperaturgefälles weit vorauseilten. Es fing nämlich in Nürnberg erst um 8 Uhr 15 Minuten an stärker zu regnen, während die Niederschlagsmenge, die vor 8 Uhr gefallen war, noch nicht einmal meßbar war; da nun meistens der Niederschlag die plötzliche Abkühlung bringt, so blieb die Temperatur dort noch auf bedeutender Höhe, obwohl schon um 7 Uhr 45 Minuten sowohl in Nürnberg als in dem östlicher gelegenen Hersbruck der erste Donner vernommen worden war.

Das zweite Beispiel, an welchem v. Bezold den Zusammenhang der Gewittererscheinungen mit den übrigen Witterungsverhältnissen erläutert, bezieht sich auf ein Gewitter vom 16. Juli 1882.

Am Morgen dieses Tages, erzählt v. Bezold, lag eine ziemlich tiefe Depression (unter 740 Millimeter) im Westen von Schottland, eine zweite minder tiefe (unter 755 Millimeter) über Galizien und Siebenbürgen. Zwischen beiden verlief ein von Nordosten nach Südwesten abfallender Streifen höheren Druckes. Die Temperaturen über unserem Gebiete waren sehr hoch und trotz ziemlich geringer Unterschiede doch unregelmäßig vertheilt, ähnlich dem Luftdrucke,

der auch nur kleine Differenzen, aber doch keine regelmäßige Vertheilung aufwies. Die Temperaturen stiegen im Laufe des Tages noch weiter, während die Isobaren für Nachmittags 2 Uhr die Entwicklung einer Theilpression über dem mittleren Franken erkennen ließen. Um diese Zeit war bereits ein Gewitter vom Badischen her in das südwestliche Württemberg eingedrungen und schritt in der häufig beobachteten Weise ostwärts weiter, während auch im nördlichen Theile des Schwarzwaldes sowie im Odenwalde solche entstanden zu sein scheinen — ein kleineres Gewitter, das in den Nachmittagsstunden in der Westpfalz auftrat, überschritt das Haardtgebirge nicht oder doch nur in kleinen Ausläufern — die alsdann zu einem langgezogenen Bande vereinigt zuerst im Süden und später im Norden über die Westgrenze in das rechtsrheinische Baiern eintraten, so daß gegen 6 Uhr vom Spessart bis gegen Ammer- und Starnbergersee hin elektrische Entladungen stattfanden. Es ging nun in der durch die rothen Linien des ersteren Kärtchens, Tafel VIII, versinnlichten Weise weiter und befand sich um 8 Uhr mit seinem vorderen Rande an den durch die stark ausgezogene Linie verbundenen Punkten.

Für diesen Augenblick wurden nun auch die Isobaren und Isothermen gezeichnet. Beide Liniengruppen zeigen einen auffallenden Zusammenhang mit den Isobronten und man ist imstande, annäherungsweise die Lage der dem gleichen Zeitpunkte entsprechenden Isobronte, d. h. des vorderen Randes des Gewitters aus der bloßen Betrachtung der Isobaren und Isothermen zu ermitteln. Geradeso wie bei dem Gewitter am 30. Mai drängen sich beide Arten von Linien auf jenem Streifen nahe aneinander und zeigen gewaltige barische und thermische Gradienten. Das Regengebiet schreitet im allgemeinen in mäßiger Entfernung hinter der Isobronte her. Dabei ist es auffallend, daß in Mittelfranken Isothermen und Isobaren einerseits, sowie die Isobronte und die Linie ersten Regens andererseits auffallende Uebereinstimmung zeigen, während beide Doppelgruppen von Linien gerade an dieser Stelle in ihrem Verlaufe etwas auseinandergehen. Es trat nämlich in Nürnberg die auffallende Erscheinung ein, daß der Sturm und die Abkühlung erheblich früher eingetreten waren als die elektrischen Entladungen und noch mehr der Regen.

Kurz nach dem eben untersuchten Zeitpunkte fand auch das ganze Gewitter sein Ende und dehnte sich nur im Süden noch etwas in Osten aus. Zur Ergänzung wird dabei noch hinzugefügt, daß die Lufttemperatur in Erlangen von 8 Uhr Abends des genannten Tages 23·7 oder nach Reduction auf das Meeresniveau 25·4 war, in Nürnberg 18·2 beziehungsweise 20·1, so daß damals der Temperaturunterschied zwischen den beiden einander so nahe gelegenen Städten Erlangen und Nürnberg 5·3 Grad betrug.

Ebenso wie für diese beiden Gewittertage hat v. Bezold ähnliche Verhältnisse auch für verschiedene andere Gewittertage nachgewiesen, an welchen nicht nur locale, sondern ausgedehnte, zusammenhängende Gewitter auftraten, und die hierbei erzielten Resultate in nachstehende Sätze zusammengefaßt:

An dem vorderen Rande des auf der Fortpflanzungsrichtung senkrecht stehenden Bandes, welches das Gebiet gleichzeitiger elektrischer Entladungen darstellt, also kurzweg am vorderen Rande des Gewitters, bestehen ganz eigenthümliche Temperatur- und Luftdruckverhältnisse. Der Luftdruck erfährt nämlich, wenn man sich dem Rande von dem noch nicht vom Gewitter erreichten Gebiete aus (also in den meisten Fällen von Osten her) nähert, eine ganz plötzliche Steigerung und die Temperatur einen ebenso schroffen Abfall. Der vordere Rand des Gewitters scheidet ein Gebiet höheren Druckes scharf von einem solchen niedrigen Druckes und ebenso ein Gebiet niedrigerer Temperatur von einem solchen mit höherer.

Mit diesem eigenen stufenartigen Abfall des Luftdruckes erscheint auch eine andere höchst sonderbare Erscheinung im Zusammenhange zu stehen. Bei Untersuchung der im Augenblicke des Gewitterausbruches herrschenden Windrichtungen wurde nämlich die Bemerkung gemacht, daß sie am vorderen Rande des Gewitters im allgemeinen senkrecht auf die Isobare stehen, wenn letztere in meridionaler Richtung verläuft, d. h. daß in diesem Falle der Wind direct von den Orten höheren Druckes nach jenen niedrigeren Druckes weht und mithin eine Abweichung vom Buys-Ballot'schen Gesetze eintritt.*)

Die hier vorkommende Abweichung von einem Gesetze, welchem man sonst ziemlich ausnahmslose Giltigkeit zuerkennen muß, glaubt v. Bezold etwa damit erklären zu können, daß bei Gewittern ein ganz eigenartiger, stufenartiger Abfall des Luftdruckes eintritt, während das Buys-Ballot'sche Gesetz eine centrale Vertheilung des Luftdruckes zur Voraussetzung hat.

*) Bekanntlich tritt infolge einer ungleichmäßigen Luftdruckvertheilung eine Luftströmung (ein Wind) von den Gegenden höheren Druckes nach jenen niedrigeren Druckes ein, um auf diese Weise das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verhindern jedoch die Axendrehung der Erde einerseits und das Bestreben der in Bewegung befindlichen Luft andererseits diese daran, in gerader Richtung von dem Gebiete höherer Drucke zu jenem niedrigeren Druckes hinzufließen; die Luftströmung wird daher auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt; hieraus folgt die wichtige Buys-Ballot'sche Regel: Kehrt man auf der nördlichen Halbkugel dem Winde den Rücken, so zeigt die rechte, etwas nach rückwärts erhobene Hand nach der Gegend des Maximums, die linke etwas nach vorne erhobene nach derjenigen des Minimums.

Faßt man alles zusammen, so ergibt sich, daß die beiden Thatsachen des schroffen Temperaturrückganges nach Ausbruch eines Gewitters sowie des gleichzeitigen plötzlichen Steigens des Luftdruckes in dem Verlaufe der Isothermen und Isobaren einen sehr entschiedenen Ausdruck finden, so zwar, daß es genügt, den Verlauf dieser beiden Liniengruppen zu kennen, um sofort die Stellen anzugeben, über welchen sich in dem untersuchten Augenblicke der vordere Rand des Gewitters befindet.

5. Vertheilung der Gewitter nach Ort und Zeit.

Da einerseits Gewitter nur dann zustande kommen, wenn jene Bedingungen erfüllt werden, welche im vorhergehenden Abschnitte als wesentlich für die Gewitterbildung bezeichnet wurden, andererseits Gebirge und Gewässer auf die Fortpflanzung der Gewittererscheinungen einen unverkennbaren Einfluß ausüben, so kann offenbar auch die Vertheilung der Gewitter nach Ort und Zeit keine gleichmäßige sein. Es ist einleuchtend, daß genaue und umfassende Angaben hierüber geeignet sind, zur endgiltigen Erklärung der Gewittererscheinungen wichtige Fingerzeige zu geben. Es darf aber auch nicht übersehen werden, daß für Erscheinungen, welche in ihrer Entstehung und in ihrem Verlaufe von so verschiedenen Umständen beeinflußt werden, nur dann allgemein giltige Gesetze gefunden werden können, wenn sich die diesbezüglichen Beobachtungen auf ausgedehnte Strecken der Erdoberfläche und auf eine ununterbrochene Reihe von Jahren erstrecken. Gegenwärtig verfügen wir noch nicht hierüber und kann daher das nachstehend Mitgetheilte nur eine lückenhafte Darstellung bilden.

H. J. Klein war es wieder, dem es durch großen Aufwand von Zeit und Mühe gelungen ist, eine Tabelle über die Gewitterhäufigkeit aufzustellen, welche wohl die ausführlichste dieser Art sein dürfte. Sie enthält in erster Reihe die Ortsnamen in alphabetischer Ordnung, in der zweiten Reihe die mittlere Angabe der jährlichen Gewitter und in der dritten Reihe die Anzahl der Beobachtungsjahre, aus welchen das Jahresmittel gefunden wurde.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die größte Anzahl der jährlichen Gewitter auf die Tropengegenden fällt und zwar namentlich auf jenen Theil derselben, für welchen in einer regelmäßig wiederkehrenden nassen Jahreszeit bedeutende Regenmengen fallen. So gehören die Gewitter in der Region der Kalmen*) fast zu den täglichen Erscheinungen und treten daselbst mit einer ganz außerordentlichen Heftigkeit auf.

*) Die Kalmen, d. h. die Zone der Windstille, verlaufen als schmaler Gürtel längs des Aequators, beiläufig zwischen 3° südlicher und 3° nördlicher Breite über den stillen Ocean, zwischen 2° bis 8° nördlicher Breite über den atlantischen Ocean und zwischen 3° südlicher Breite und 5° nördlicher Breite über die Continente.

Tafel der mittleren jährlichen Häufigkeit der Gewitter.

Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre	Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre
Abo	10·0	12	Dresden	15·0	18
Agram	14·3	10	Drontheim	3·9	9
Altena (Westphalen)	20·7	4	Eger	17·5	6
Altenburg (Oesterreich)	21·0	10	Einsiedeln (Schweiz)	11·0	25
Althofen (Oesterreich)	25·1	15	Emden	11·1	13
Andechs (Baiern)	27·8	—	Erfurt	31·1	8
Ansbach	23·6	25	Fellin	8·0	—
Apenrade	19·0	—	Freising	22·6	27
Archangel	6·5	18	Fünfkirchen (Ungarn)	16·1	14
Arvavaralja (Oesterr.)	24·5	20	Genf	26·0	21
Astrabad	7·0	8	Gent	18·7	4
Athen	19·2	10	Gibraltar	6·0	—
Augsburg	22·3	12	Giengen (Württemberg)	21·9	12
Alt-Aussee	9·4	15	Gorki (54·3° nördl. Br., 48·6° östl. L.)	16·0	11
Baltischport	9·9	—	Graz	23·3	22
Bamberg	32·3	8	Gresten (Nied.-Oest.)	30·3	5
Banjuwangie (Java)	110·0	3	Guadeloupe	37·0	—
Barnaul	26·8	11	Hamburg	10·7	—
Basel	17·0	—	Haubvil (Zürich)	14·8	31
Bergen	5·8	7	Hermannstadt	20·5	18
Berlin	17·2	120	Hochwald (Oesterreich)	23·5	9
Bern	27·2	16	Hohenpeissenberg	27·0	57
Bevers (Engadin)	4·0	—	Jakutzk	4·6	15
Biala (Oesterreich)	10·0	—	Janina	45·0	—
Bogoslowsk	15·8	11	Jekaterinenburg	23·3	3
Braunsberg	30·7	—	Irkutzk	8·5	2
Brünn	15·1	21	Ischl	18·0	15
Brüssel	14·5	28	Ittendorf	15 5	2
Buenos Ayres	22·5	7	Kairo	3·5	2
Buitenzorg (Java)	159·5	17	Kalkutta	60·0	1
Capstadt	13·0	15	Kapstadt	13·0	1
Czaslau (Oesterreich)	14·0	21	Karlsruhe	19·2	—
Chaterinoslaw (Rußld.)	8·4	4	Kasan	9·0	1
Cherbourg	4·4	—	Kempten	13·0	7
Christiania	3·0	24	Kirchdorf (Oesterreich)	17·3	15
Cilli (Oesterreich)	20·7	14	Klagenfurt	25·5	57
Cincinnati (Ohio)	20·0	35	Koblenz	17·0	21
Coburg	16·3	13	Köln	20·8	17
Czernowitz	14·0	11	Königgrätz	32·4	3
Daun (Eifel)	13·6	12	Koursk (Rußland)	20·2	5
Debreczin	9·7	16	Krakau	22·5	44
Decima (Insel)	6·0	11	Kremsmünster	27·3	54
Demerath (Eifel)	12 0	1	Krumau (Böhmen)	23·0	—
Denainvilliers	20·6	24	Kurhafen	12·2	10
Dessau	25·0	3	Lachapelle (bei Dieppe)	15·7	18
Dillingen (Baiern)	12·6	12			

Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre
Laibach	25·4	16
Larochelle	18·7	6
Leitmeritz	23·0	—
Lemberg	19·7	19
Lesina	26·0	10
Leutschau (Ungarn)	22·6	15
Leyden	13·5	29
London	8·3	13
Lougan (Rußland)	29·6	11
Lüneburg	20·2	30
Lüttich	18·7	6
Mailand	25·3	50
Maltein (Oesterreich)	23·1	10
Mannheim	20·8	12
Marseille	8·4	6
Martinique	39·0	1
Maryland	41·0	1
Mastricht	16·5	11
Melbourne (Australien)	16·0	5
Memel	4·1	—
Middelburg	21·3	6½
Minden	5·8	—
Mittenwald (Baiern)	14·6	10
Modena	29·0	1
Moskau	8·0	23
München	19·0	18
Münster	29·7	—
Namur	26·3	4
Nertschinsk	23·4	10
Nowgorod	13·8	—
Nürnberg	14·1	7
Odessa	8·6	6
Ofen	16·2	13
Orel	19·1	—
Padua	36·3	8
Paradenia (Ceylon)	17·0	7/12
Paris	13·5	51
Passau	8·3	7
Patna	53·0	1
St. Paul (Oesterreich)	23·6	18
Peking	5·8	6
Petersburg	9·4	83
Polvero (Cornwall)	10·0	23
Port Natal	8·3	6
Prag	21·3	51
Pultawa	9·4	13
Quebeck	23·3	—
St. Rambert (Frankr.)	23·5	6
Regensburg	20·8	61
Rehberg (Böhmen)	28·0	—
Reichenau (Oesterreich)	21·8	5
Rio de Janeiro	50·6	6
Rogodjampie (Java)	81·0	3
Rom	42 2	11
Rosenau (Oesterreich)	17·4	10
Rudolfswerth (Oesterr.)	31·1	12
Saifnitz (Oesterreich)	10·2	17
Salzburg	23·7	27
Scara (Schweden)	9·0	25
Schneekoppe	9·0	—
Semipalatnaja	11·0	7
Senftenberg (Böhmen)	17·7	19
Siftranz (Tirol)	15·5	4
Sitka	1·5	9
Slatouft	14·0	2
Smyrna	19 0	1
Söndmör (Scandinav.)	3·9	12
Stavelot (Belgien)	20·2	3
Stettin	14·0	20
Stockholm	9·6	—
Straßburg	17·0	20
Stuttgart	17·5	93
Surabaja (Oft-Java)	36·3	7
Tegernsee	30·0	18
Teschen (Oesterreich)	10·0	5
Tiflis	55·2	6
Tilsit	12·6	—
Toulouse	15·4	7
Trient	21·1	17
Trier	17·7	85
Trieft	20·9	19
Troppau	12·0	6
St. Troud (50·8° n. B., 22·5° öftl. L.)	32·4	5
Tübingen	14·6	9
Udine	49·2	40
Uleaborg (Scandinav.)	17·3	—
Upfala	5·0	8
Urbana (Ohio)	39·0	13
Utrecht	20·6	15
Victoria (Australien)	16·0	—
Vigevano	20·0	38
Viviers	24·7	10
Wien	19·3	75
Stift Wilten	15·0	40
Witenewo (bei Moskau)	26·0	—
Würzburg	14·1	8
Zapelau	23·4	—
Zürich	22·4	90

Auf Jamaica beginnen, wie C. Kuhn erzählt, von dem ersten Tage des Novembers an bis zur Mitte des Aprils, die Gipfel der Gebirge von Port Royal, täglich zwischen 11 und 12 Uhr Mittags, sich mit Wolken zu bedecken. Um 1 Uhr treten die Gewittererscheinungen ein, während gegen $2^1/_2$ Uhr der Himmel wieder heiter erscheint. Diese Erscheinung wiederholt sich, nach Hutchinson jeden Tag während fünf aufeinander folgender Monate, während auf den benachbarten Inseln und an den in klimatischer Beziehung ähnlich gelegenen Punkten des Festlandes die Zahl der Gewittertage im ganzen Jahre nicht fünfzig erreicht. Hier ist also auch der Einfluß der Gebirge von Port Royal auf die Erzeugung der häufigen Gewitter zu erkennen. D'Abbadie hat in Aethiopien im Verlaufe von sechs Jahren 1909 Gewitter beobachtet, woraus sich das Jahresmittel zu dreihundert berechnet.

Nach Arago, Humboldt, Kämtz u. A. treten die Gewitter nirgends mit solcher Heftigkeit auf als in den Tropen zur Regenzeit. Am Morgen ist der Himmel vollkommen rein, aber gegen Mittag bedeckt er sich mit großer Schnelligkeit mit Wolken. Ununterbrochen folgt Blitz auf Blitz, während gleichzeitig der Donner viel intensiver als in unseren Gegenden rollt. Alle Reisenden stimmen darin überein, daß man sich in unseren Gegenden gar keine Vorstellung machen kann von der Heftigkeit dieser Gewitter. Sind sie gleichzeitig von Stürmen begleitet, so nennt man sie Tornados oder Torvados, auf den Antillen und in Indien hurricanes, im chinesischen Meere Typhone. Derartige Stürme treten sehr häufig zu Beginn der Regenzeit an der Küste von Sierra Leone auf. Nach Berichten Winterbottom's und Dampier's dauern sie selten länger als zwanzig bis dreißig Minuten: sie kommen aber plötzlich und wüthen mit einer fabelhaften Heftigkeit. So verloren bei einem Gewittersturme, welcher gegen Ende October 1831 über Balasore in Indien (21° 32' nördl. Br., 84° 30' östl. L.) wüthete, 10.000 Menschen ihre Leben. Die große Straße von Madras nach Calcutta geht über Balasore in einer Entfernung von 14 Kilometer von der Küste; trotzdem wurde sie mit allem, was sich dort befand, durch das Meer gewaltsam weggeführt. Eine Fläche von 24 Myriameter war 4 bis 5 Meter hoch mit Wasser bedeckt. Das Meer drang bis an die Thore der Stadt. Die Brücke und Trümmer eines Schiffes wurden auf der Straße gefunden. Ein nicht minder heftiger Gewittersturm verheerte am 25. Juli 1825 Guadeloupe: Kanonen von dem Kaliber 24 wurden von ihren Plätzen entfernt; ein Flügel eines Gouvernements-Gebäudes, welches sehr solid gebaut war, wurde zerstört und ein Eichenbrett von 9 Decimeter Länge, 2 Decimeter Breite und 22 Millimeter Dicke quer durch eine Palme von 4 Decimeter Durchmesser geschleudert.

Das Herannahen des Gewitters kündigt sich zuweilen durch bestimmte Vorzeichen an. Winterbottom erzählt, daß man z. B. an der Küste von Sierra-Leone im Osten eine schwere Wolke bemerkt, welche nicht viel größer zu sein scheint als die Handfläche. Nach Berichten Goldberry's von den Mündungen des Senegal erscheint in den höheren Luftregionen eine weiße runde Wolke. Schwache elektrische Scheine folgen rasch aufeinander und man vernimmt zuweilen das Rollen entfernten Donners. Dann verdichtet sich die Wolke, nimmt an Größe zu und der Donner tritt mit heftigem Gekrache auf; dann werden die Wolken immer schwärzer, bedecken den Himmel und die Erde erscheint in tiefe Nacht gehüllt, im lebhaften Contraste zur Reinheit des Himmels im Westen. Unmittelbar vor Ausbruch des Gewitters weht ein kaum fühlbarer Wind aus Osten, oder die Luft ist vollkommen unbewegt. Nichts rührt sich, höchstens an vereinzelnten Stellen kräuseln sich leichte Wirbel; gleichzeitig tritt ein rasches Fallen der Temperatur ein. Charakteristisch für die Gewitterstürme ist der Umstand, daß sie sich auf scharf umgrenzte Räume erstrecken; in einer Entfernung von 20 Kilometer oder weniger ist die Ruhe der Luft in keiner Weise gestört. Es ist nicht selten, daß der Wind im Zeitraume von wenigen Minuten alle Himmelsrichtungen passirt hat. Der Zeit nach fallen diese Gewitter gewöhnlich auf die heißesten Stunden des Tages; ist das Land aber gebirgig, so kommen jedoch auch Nachtgewitter vor.

Obschon man im allgemeinen sagen kann, daß die Gewitter in den niederen Breiten am häufigsten sind, so hat doch auch diese Regel ihre Ausnahmen. Plinius behauptet, es gäbe in Aegypten keine Gewitter und Plutarch erwähnt dasselbe bezüglich Aethiopiens. Entzieht es sich allerdings unserer Beurtheilung, ob diese Angaben zur damaligen Zeit den thatsächlichen Verhältnissen entsprachen, so ist doch andererseits zu bemerken, daß auch gegenwärtig in Nordafrika die Gewitter stellenweise gänzlich mangeln; als Träger der Elektricität tritt dort der heiße Chamsin auf. Und über Peru berichtet Arago: Alle Einwohner von Lima, welche nicht gereist sind, haben keine Vorstellung von einem Gewitter. Ich kann hinzufügen, daß sie ebensowenig den Blitz kennen; denn selbst Blitze ohne Donner durchzucken nie den zwar oft nebeligen aber niemals mit wahren Wolken bedeckten Himmel von Niederperu.

Die Gewitterhäufigkeit nimmt im allgemeinen ab mit der Zunahme der geographischen Breite; es ist jedoch hierbei bis jetzt nicht gelungen, eine regelmäßige Abnahme von Breitegrad zu Breitegrad nachzuweisen. Andererseits erfuhr aber auch Arago's Annahme gewitterfreier Gegenden in den höchsten Breiten keine Bestätigung. C. Kuhn gelangte in Bezug auf die Abnahme der Gewitter von Süden gegen Norden zu nachstehenden Resultaten:

beschriebenen Isobaren von 8 Uhr Morgens zeigen. Viel inniger aber ist dieser Zusammenhang zwischen den Isobaren von 8 Uhr Abends und der auf dem gleichen Zeitpunkt bezüglichen Isobronte, die deshalb auch durch größere Stärke hervorgehoben wurde und in dem rechts stehenden Kärtchen noch einmal eingezeichnet ist, während durch die schwarzen Linien in der linksstehenden Karte die Isobaren, in der rechtsstehenden die Isothermen für Abends 8 Uhr gegeben sind. Hierbei fällt nämlich sofort auf, daß beide Liniengruppen schon auf den ersten Blick einen Rückschluß darauf gestatten, wo in dem gegebenen Augenblicke der vordere Rand des Gewitters angekommen war.

Diese Stelle charakterisirt sich durch das Zusammendrängen der Isobaren (die Ursache des Gewittersturmes), sowie durch das entsprechende Aneinanderrücken der Isothermen. Wenn dabei nicht in allen Einzelheiten vollkommene Uebereinstimmung im Verlaufe dieser Linie herrscht, so ist dies theilweise darauf zurückzuführen, daß die Sicherheit der Angabe des Zeitpunktes ersten Donners doch immer von verschiedenen Nebenumständen beeinflußt wird, andererseits dadurch, daß der Zeitunterschied zwischen dem ersten Donner und dem Eintritte heftigen Regens, der Abkühlung bringt und dadurch den Verlauf der Isothermen beeinflußt, hier sehr in Betracht kommt.

Zur Beleuchtung dieses Punktes wurde der Raum, über welchem es um 8 Uhr bereits regnete oder zwischen 6 und 8 Uhr geregnet hatte, durch rothe Schraffirung hervorgehoben. Die Betrachtung des vorderen Randes dieses Raumes erklärt sofort, wie es kommt, daß bei Nürnberg der Verlauf der Isobronte nicht unbeträchlich von jenem der Isothermen abweicht, und erstere der Stelle des starken Temperaturgefälles weit vorauseilten. Es fing nämlich in Nürnberg erst um 8 Uhr 15 Minuten an stärker zu regnen, während die Niederschlagsmenge, die vor 8 Uhr gefallen war, noch nicht einmal meßbar war; da nun meistens der Niederschlag die plötzliche Abkühlung bringt, so blieb die Temperatur dort noch auf bedeutender Höhe, obwohl schon um 7 Uhr 45 Minuten sowohl in Nürnberg als in dem östlicher gelegenen Hersbruck der erste Donner vernommen worden war.

Das zweite Beispiel, an welchem v. Bezold den Zusammenhang der Gewittererscheinungen mit den übrigen Witterungsverhältnissen erläutert, bezieht sich auf ein Gewitter vom 16. Juli 1882.

Am Morgen dieses Tages, erzählt v. Bezold, lag eine ziemlich tiefe Depression (unter 740 Millimeter) im Westen von Schottland, eine zweite minder tiefe (unter 755 Millimeter) über Galizien und Siebenbürgen. Zwischen beiden verlief ein von Nordosten nach Südwesten abfallender Streifen höheren Druckes. Die Temperaturen über unserem Gebiete waren sehr hoch und trotz ziemlich geringer Unterschiede doch unregelmäßig vertheilt, ähnlich dem Luftdrucke,

während seiner Vermessungsarbeiten an den Küsten des weißen Meeres und des russischen Lapplandes im Laufe des Sommers 1826 unter 69° bis 70° nördlicher Breite acht Gewitter beobachtet habe, ferner daß Wegelius im Jahre 1708 zu Usioki dreimal donnern hörte. Selbst mitten auf dem Polarmeere habe der russische Admiral Wrangell im Nordosten Sibiriens ein Gewitter beobachtet.

Nach Bär's Angaben soll auf den Spitzbergen, sogar jenseits des 75° nördlicher Breite ein Gewitter beobachtet worden sein.

Bezüglich der Vertheilung der Gewitter auf Wasser und Land glaubt Arago aus seinen Nachforschungen schließen zu sollen, daß im allgemeinen die Gewitter auf hoher See seltener sind, als auf dem Festlande. Wenn man nämlich auf einer Erdkarte nach Länge und Breite alle Punkte einträgt, wo Seefahrer von Stürmen und Gewittern überfallen worden sind, so ergibt sich aus dem Anblick der Karte, daß die Zahl dieser Punkte mit der Entfernung von dem Festlande abnimmt. Arago glaubte sogar die Vermuthung äußern zu sollen, daß über eine gewisse Entfernung vom Lande hinaus überhaupt niemals Gewitter auftreten.

Arago's Ansichten sind jedoch bis jetzt noch nicht soweit bestätigt worden, daß sie als streng giltige Regeln betrachtet werden könnten; es dürfte aber auf dem Meere ebenso wie auf dem Festlande Orte ohne Gewitter geben, wie andererseits auch auf hoher See in jeder Entfernung vom Lande schon Gewitter beobachtet worden sind.

Was nunmehr die Gewitterhäufigkeit auf enger begrenzten Gebieten der Erdoberfläche anbelangt, möge nachstehend eine Tabelle folgen, welche Fritz über die Gewittervertheilung auf einzelne Länder aufgestellt hat.

Land	Zahl der Gewittertage	Zahl der Beobachtungsorte	Zahl der Beobachtungsjahre
Azoren	6	1	1
Portugal	2—3	2	1
Spanien	15	22	1
Süd-Frankreich	16	3	6—76
Nord-Frankreich	17	7	8—9
Schweiz, nördlich des eigentlichen Hochgebirges	19	15	6—52
Schweiz im Hochgebirgszuge	7	15	2—25
Holland	18	4	7—29
Belgien	21	7	4—31
Italien	38	4	11—50
Griechenland	31	2	5—10
Ungarn	22	3	11—14

beschriebenen Isobaren von 8 Uhr Morgens zeigen. Viel inniger aber ist dieser Zusammenhang zwischen den Isobaren von 8 Uhr Abends und der auf dem gleichen Zeitpunkt bezüglichen Isobronte, die deshalb auch durch größere Stärke hervorgehoben wurde und in dem rechts stehenden Kärtchen noch einmal eingezeichnet ist, während durch die schwarzen Linien in der linksstehenden Karte die Isobaren, in der rechtsstehenden die Isothermen für Abends 8 Uhr gegeben sind. Hierbei fällt nämlich sofort auf, daß beide Liniengruppen schon auf den ersten Blick einen Rückschluß darauf gestatten, wo in dem gegebenen Augenblicke der vordere Rand des Gewitters angekommen war.

Diese Stelle charakterisirt sich durch das Zusammendrängen der Isobaren (die Ursache des Gewittersturmes), sowie durch das entsprechende Aneinanderrücken der Isothermen. Wenn dabei nicht in allen Einzelheiten vollkommene Uebereinstimmung im Verlaufe dieser Linie herrscht, so ist dies theilweise darauf zurückzuführen, daß die Sicherheit der Angabe des Zeitpunktes ersten Donners doch immer von verschiedenen Nebenumständen beeinflußt wird, andererseits dadurch, daß der Zeitunterschied zwischen dem ersten Donner und dem Eintritte heftigen Regens, der Abkühlung bringt und dadurch den Verlauf der Isothermen beeinflußt, hier sehr in Betracht kommt.

Zur Beleuchtung dieses Punktes wurde der Raum, über welchem es um 8 Uhr bereits regnete oder zwischen 6 und 8 Uhr geregnet hatte, durch rothe Schraffirung hervorgehoben. Die Betrachtung des vorderen Randes dieses Raumes erklärt sofort, wie es kommt, daß bei Nürnberg der Verlauf der Isobronte nicht unbeträchlich von jenem der Isothermen abweicht, und erstere der Stelle des starken Temperaturgefälles weit vorauseilten. Es fing nämlich in Nürnberg erst um 8 Uhr 15 Minuten an stärker zu regnen, während die Niederschlagsmenge, die vor 8 Uhr gefallen war, noch nicht einmal meßbar war; da nun meistens der Niederschlag die plötzliche Abkühlung bringt, so blieb die Temperatur dort noch auf bedeutender Höhe, obwohl schon um 7 Uhr 45 Minuten sowohl in Nürnberg als in dem östlicher gelegenen Hersbruck der erste Donner vernommen worden war.

Das zweite Beispiel, an welchem v. Bezold den Zusammenhang der Gewittererscheinungen mit den übrigen Witterungsverhältnissen erläutert, bezieht sich auf ein Gewitter vom 16. Juli 1882.

Am Morgen dieses Tages, erzählt v. Bezold, lag eine ziemlich tiefe Depression (unter 740 Millimeter) im Westen von Schottland, eine zweite minder tiefe (unter 755 Millimeter) über Galizien und Siebenbürgen. Zwischen beiden verlief ein von Nordosten nach Südwesten abfallender Streifen höheren Druckes. Die Temperaturen über unserem Gebiete waren sehr hoch und trotz ziemlich geringer Unterschiede doch unregelmäßig vertheilt, ähnlich dem Luftdrucke,

der auch nur kleine Differenzen, aber doch keine regelmäßige Vertheilung aufwies. Die Temperaturen stiegen im Laufe des Tages noch weiter, während die Isobaren für Nachmittags 2 Uhr die Entwicklung einer Theilpression über dem mittleren Franken erkennen ließen. Um diese Zeit war bereits ein Gewitter vom Badischen her in das südwestliche Württemberg eingedrungen und schritt in der häufig beobachteten Weise ostwärts weiter, während auch im nördlichen Theile des Schwarzwaldes sowie im Odenwalde solche entstanden zu sein scheinen — ein kleineres Gewitter, das in den Nachmittagsstunden in der Westpfalz auftrat, überschritt das Haardtgebirge nicht oder doch nur in kleinen Ausläufern — die alsdann zu einem langgezogenen Bande vereinigt zuerst im Süden und später im Norden über die Westgrenze in das rechtsrheinische Baiern eintraten, so daß gegen 6 Uhr vom Spessart bis gegen Ammer- und Starnbergersee hin elektrische Entladungen stattfanden. Es ging nun in der durch die rothen Linien des ersteren Kärtchens, Tafel VIII, versinnlichten Weise weiter und befand sich um 8 Uhr mit seinem vorderen Rande an den durch die stark ausgezogene Linie verbundenen Punkten.

Für diesen Augenblick wurden nun auch die Isobaren und Isothermen gezeichnet. Beide Liniengruppen zeigen einen auffallenden Zusammenhang mit den Isobronten und man ist imstande, annäherungsweise die Lage der dem gleichen Zeitpunkte entsprechenden Isobronte, d. h. des vorderen Randes des Gewitters aus der bloßen Betrachtung der Isobaren und Isothermen zu ermitteln. Geradeso wie bei dem Gewitter am 30. Mai drängen sich beide Arten von Linien auf jenem Streifen nahe aneinander und zeigen gewaltige barische und thermische Gradienten. Das Regengebiet schreitet im allgemeinen in mäßiger Entfernung hinter der Isobronte her. Dabei ist es auffallend, daß in Mittelfranken Isothermen und Isobaren einerseits, sowie die Isobronte und die Linie ersten Regens andererseits auffallende Uebereinstimmung zeigen, während beide Doppelgruppen von Linien gerade an dieser Stelle in ihrem Verlaufe etwas auseinandergehen. Es trat nämlich in Nürnberg die auffallende Erscheinung ein, daß der Sturm und die Abkühlung erheblich früher eingetreten waren als die elektrischen Entladungen und noch mehr der Regen.

Kurz nach dem eben untersuchten Zeitpunkte fand auch das ganze Gewitter sein Ende und dehnte sich nur im Süden noch etwas in Osten aus. Zur Ergänzung wird dabei noch hinzugefügt, daß die Lufttemperatur in Erlangen von 8 Uhr Abends des genannten Tages 23·7 oder nach Reduction auf das Meeresniveau 25·4 war, in Nürnberg 18·2 beziehungsweise 20·1, so daß damals der Temperaturunterschied zwischen den beiden einander so nahe gelegenen Städten Erlangen und Nürnberg 5·3 Grad betrug.

Ebenso wie für diese beiden Gewittertage hat v. Bezold ähnliche Verhältnisse auch für verschiedene andere Gewittertage nachgewiesen, an welchen nicht nur locale, sondern ausgedehnte, zusammenhängende Gewitter auftraten und die hierbei erzielten Resultate in nachstehende Sätze zusammengefaßt:

An dem vorderen Rande des auf der Fortpflanzungsrichtung senkrecht stehenden Bandes, welches das Gebiet gleichzeitiger elektrischer Entladungen darstellt, also kurzweg am vorderen Rande des Gewitters, bestehen ganz eigenthümliche Temperatur- und Luftdruckverhältnisse. Der Luftdruck erfährt nämlich, wenn man sich dem Rande von dem noch nicht vom Gewitter erreichten Gebiete aus (also in den meisten Fällen von Osten her) nähert, eine ganz plötzliche Steigerung und die Temperatur einen ebenso schroffen Abfall. Der vordere Rand des Gewitters scheidet ein Gebiet höheren Druckes scharf von einem solchen niedrigen Druckes und ebenso ein Gebiet niedrigerer Temperatur von einem solchen mit höherer.

Mit diesem eigenen stufenartigen Abfall des Luftdruckes erscheint auch eine andere höchst sonderbare Erscheinung im Zusammenhange zu stehen. Bei Untersuchung der im Augenblicke des Gewitterausbruches herrschenden Windrichtungen wurde nämlich die Bemerkung gemacht, daß sie am vorderen Rande des Gewitters im allgemeinen senkrecht auf die Isobare stehen, wenn letztere in meridionaler Richtung verläuft, d. h. daß in diesem Falle der Wind direct von den Orten höheren Druckes nach jenen niedrigeren Druckes weht und mithin eine Abweichung vom Buys-Ballot'schen Gesetze eintritt.*)

Die hier vorkommende Abweichung von einem Gesetze, welchem man sonst ziemlich ausnahmslose Giltigkeit zuerkennen muß, glaubt v. Bezold etwa damit erklären zu können, daß bei Gewittern ein ganz eigenartiger, stufenartiger Abfall des Luftdruckes eintritt, während das Buys-Ballot'sche Gesetz eine centrale Vertheilung des Luftdruckes zur Voraussetzung hat.

---

*) Bekanntlich tritt infolge einer ungleichmäßigen Luftdruckvertheilung eine Luftströmung (ein Wind) von den Gegenden höheren Druckes nach jenen niedrigeren Druckes ein, um auf diese Weise das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verhindern jedoch die Axendrehung der Erde einerseits und das Bestreben der in Bewegung befindlichen Luft andererseits diese daran, in gerader Richtung von dem Gebiete höherer Drucke zu jenem niedrigeren Druckes hinzufließen; die Luftströmung wird daher auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt; hieraus folgt die wichtige Buys-Ballot'sche Regel: Kehrt man auf der nördlichen Halbkugel dem Winde den Rücken, so zeigt die rechte, etwas nach rückwärts erhobene Hand nach der Gegend des Maximums, die linke etwas nach vorne erhobene nach derjenigen des Minimums.

Faßt man alles zusammen, so ergibt sich, daß die beiden Thatsachen des schroffen Temperaturrückganges nach Ausbruch eines Gewitters sowie des gleichzeitigen plötzlichen Steigens des Luftdruckes in dem Verlaufe der Isothermen und Isobaren einen sehr entschiedenen Ausdruck finden, so zwar, daß es genügt, den Verlauf dieser beiden Liniengruppen zu kennen, um sofort die Stellen anzugeben, über welchen sich in dem untersuchten Augenblicke der vordere Rand des Gewitters befindet.

5. Vertheilung der Gewitter nach Ort und Zeit.

Da einerseits Gewitter nur dann zustande kommen, wenn jene Bedingungen erfüllt werden, welche im vorhergehenden Abschnitte als wesentlich für die Gewitterbildung bezeichnet wurden, andererseits Gebirge und Gewässer auf die Fortpflanzung der Gewittererscheinungen einen unverkennbaren Einfluß ausüben, so kann offenbar auch die Vertheilung der Gewitter nach Ort und Zeit keine gleichmäßige sein. Es ist einleuchtend, daß genaue und umfassende Angaben hierüber geeignet sind, zur endgiltigen Erklärung der Gewittererscheinungen wichtige Fingerzeige zu geben. Es darf aber auch nicht übersehen werden, daß für Erscheinungen, welche in ihrer Entstehung und in ihrem Verlaufe von so verschiedenen Umständen beeinflußt werden, nur dann allgemein giltige Gesetze gefunden werden können, wenn sich die diesbezüglichen Beobachtungen auf ausgedehnte Strecken der Erdoberfläche und auf eine ununterbrochene Reihe von Jahren erstrecken. Gegenwärtig verfügen wir noch nicht hierüber und kann daher das nachstehend Mitgetheilte nur eine lückenhafte Darstellung bilden.

H. J. Klein war es wieder, dem es durch großen Aufwand von Zeit und Mühe gelungen ist, eine Tabelle über die Gewitterhäufigkeit aufzustellen, welche wohl die ausführlichste dieser Art sein dürfte. Sie enthält in erster Reihe die Ortsnamen in alphabetischer Ordnung, in der zweiten Reihe die mittlere Angabe der jährlichen Gewitter und in der dritten Reihe die Anzahl der Beobachtungsjahre, aus welchen das Jahresmittel gefunden wurde.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die größte Anzahl der jährlichen Gewitter auf die Tropengegenden fällt und zwar namentlich auf jenen Theil derselben, für welchen in einer regelmäßig wiederkehrenden nassen Jahreszeit bedeutende Regenmengen fallen. So gehören die Gewitter in der Region der Kalmen*) fast zu den täglichen Erscheinungen und treten daselbst mit einer ganz außerordentlichen Heftigkeit auf.

*) Die Kalmen, d. h. die Zone der Windstille, verlaufen als schmaler Gürtel längs des Aequators, beiläufig zwischen 3° südlicher und 3° nördlicher Breite über den stillen Ocean, zwischen 2° bis 8° nördlicher Breite über den atlantischen Ocean und zwischen 3° südlicher Breite und 5° nördlicher Breite über die Continente.

Tafel der mittleren jährlichen Häufigkeit der Gewitter.

Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre	Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre
Abo	10·0	12	Dresden	15·0	18
Agram	14·3	10	Drontheim	3·9	9
Altena (Westphalen)	20·7	4	Eger	17·5	6
Altenburg (Oesterreich)	21·0	10	Einsiedeln (Schweiz)	11·0	25
Althofen (Oesterreich)	25·1	15	Emden	11·1	13
Andechs (Baiern)	27·8	—	Erfurt	31·1	8
Ansbach	23·6	25	Fellin	8·0	—
Apenrade	19·0	—	Freising	22·6	27
Archangel	6·5	18	Fünfkirchen (Ungarn)	16·1	14
Arvavaralja (Oesterr.)	24·5	20	Genf	26·0	21
Astrabad	7·0	8	Gent	18·7	4
Athen	19·2	10	Gibraltar	6·0	—
Augsburg	22·3	12	Giengen (Württemberg)	21·9	12
Alt-Aussee	9·4	15	Gorki (54·3° nördl. Br., 48·6° östl. L.)	16·0	11
Baltischport	9·9	—	Graz	23·3	22
Bamberg	32·3	8	Gresten (Ried.-Oest.)	30·3	5
Banjuwangie (Java)	110·0	3	Guadeloupe	37·0	—
Barnaul	26·8	11	Hamburg	10·7	—
Basel	17·0	—	Haudvil (Zürich)	14·8	31
Bergen	5·8	7	Hermannstadt	20·5	18
Berlin	17·2	120	Hochwald (Oesterreich)	23·5	9
Bern	27·2	16	Hohenpeissenberg	27·0	57
Bevers (Engadin)	4·0	—	Jakutzk	4·6	15
Biala (Oesterreich)	10·0	—	Janina	45·0	—
Bogoslowsk	15·8	11	Jekaterinenburg	23·3	3
Braunsberg	30·7	—	Irkutzk	8·5	2
Brünn	15·1	21	Ischl	18·0	15
Brüssel	14·5	28	Ittendorf	15·5	2
Buenos Ayres	22·5	7	Kairo	3·5	2
Buitenzorg (Java)	159·5	17	Kalkutta	60·0	1
Capstadt	13·0	15	Kapstadt	13·0	1
Czaslau (Oesterreich)	14·0	21	Karlsruhe	19·2	—
Chaterinoslaw (Rußld.)	8·4	4	Kasan	9·0	1
Cherbourg	4·4	—	Kempten	13·0	7
Christiania	3·0	24	Kirchdorf (Oesterreich)	17·3	15
Cilli (Oesterreich)	20·7	14	Klagenfurt	25·5	57
Cincinnati (Ohio)	20·0	35	Koblenz	17·0	21
Coburg	16·3	13	Köln	20·8	17
Czernowitz	14·0	11	Königgrätz	32·4	3
Daun (Eifel)	13·6	12	Kourst (Rußland)	20·2	5
Debreczin	9·7	16	Krakau	22·5	44
Decima (Insel)	6·0	11	Kremsmünster	27·3	54
Demerath (Eifel)	12·0	1	Kruman (Böhmen)	23·0	—
Denainvilliers	20·6	24	Kurhafen	12·2	10
Dessau	25·0	3	Lachapelle (bei Dieppe)	15·7	18
Dillingen (Baiern)	12·6	12			

Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre	Name des Ortes	Zahl der jährlichen Gewitter	Beobachtungsjahre
Laibach	25·4	16	Reichenau (Oesterreich)	21·8	5
Larochelle	18·7	6	Rio de Janeiro	50·6	6
Leitmeritz	23·0	—	Rogodjampie (Java)	81·0	3
Lemberg	19·7	19	Rom	42 2	11
Lesina	26·0	10	Rosenau (Oesterreich)	17·4	10
Leutschau (Ungarn)	22·6	15	Rudolfswerth (Oesterr.)	31·1	12
Leyden	13·5	29	Saifnitz (Oesterreich)	10·2	17
London	8·3	13	Salzburg	23·7	27
Lougan (Rußland)	29·6	11	Scara (Schweden)	9·0	25
Lüneburg	20·2	30	Schneekoppe	9·0	—
Lüttich	18·7	6	Semipalatnaja	11·0	7
Mailand	25·3	50	Senftenberg (Böhmen)	17·7	19
Maltein (Oesterreich)	23·1	10	Siftranz (Tirol)	15·5	4
Mannheim	20·8	12	Sitka	1·5	9
Marseille	8·4	6	Slatoust	14·0	2
Martinique	39·0	1	Smyrna	19 0	1
Maryland	41·0	1	Söndmör (Scandinav.)	3·9	12
Mastricht	16·5	11	Stavelot (Belgien)	20·2	3
Melbourne (Australien)	16·0	5	Stettin	14·0	20
Memel	4·1	—	Stockholm	9·6	—
Middelburg	21·3	$6^1/_2$	Straßburg	17·0	20
Minden	5·8	—	Stuttgart	17·5	93
Mittenwald (Baiern)	14·6	10	Surabaja (Ost-Java)	36·3	7
Modena	29·0	1	Tegernsee	30·0	18
Moskau	8·0	23	Teschen (Oesterreich)	10·0	5
München	19·0	18	Tiflis	55·2	6
Münster	29·7	—	Tilsit	12·6	—
Namur	26·3	4	Toulouse	15·4	7
Nertschinsk	23·4	10	Trient	21·1	17
Nowgorod	13·8	—	Trier	17·7	85
Nürnberg	14·1	7	Trieft	20·9	19
Odessa	8·6	6	Troppau	12·0	6
Ofen	16·2	13	St. Troud (50·8° n. B., 22·5° östl. L.)	32·4	5
Orel	19·1	—	Tübingen	14·6	9
Padua	36·3	8	Udine	49·2	40
Paradenia (Ceylon)	17·0	$^7/_{12}$	Uleaborg (Scandinav.)	17·3	—
Paris	13·5	51	Upsala	5·0	8
Passau	8·3	7	Urbana (Ohio)	39·0	13
Patna	53·0	1	Utrecht	20·6	15
St. Paul (Oesterreich)	23·6	18	Victoria (Australien)	16·0	—
Peking	5·8	6	Vigevano	20·0	38
Petersburg	9·4	83	Viviers	24·7	10
Polpero (Cornwall)	10·0	23	Wien	19·3	75
Port Natal	8·3	6	Stift Wilten	15·0	40
Prag	21·3	51	Witenewo (bei Moskau)	26·0	—
Pultawa	9·4	13	Würzburg	14·1	8
Quebeck	23·3	—	Zapelau	23·4	—
St. Rambert (Frankr.)	23·5	6	Zürich	22·4	90
Regensburg	20·8	61			
Rehberg (Böhmen)	28·0	—			

Auf Jamaica beginnen, wie C. Kuhn erzählt, von dem ersten Tage des Novembers an bis zur Mitte des Aprils, die Gipfel der Gebirge von Port Royal, täglich zwischen 11 und 12 Uhr Mittags, sich mit Wolken zu bedecken. Um 1 Uhr treten die Gewittererscheinungen ein, während gegen $2^1/_2$ Uhr der Himmel wieder heiter erscheint. Diese Erscheinung wiederholt sich, nach Hutchinson jeden Tag während fünf aufeinander folgender Monate, während auf den benachbarten Inseln und an den in klimatischer Beziehung ähnlich gelegenen Punkten des Festlandes die Zahl der Gewittertage im ganzen Jahre nicht fünfzig erreicht. Hier ist also auch der Einfluß der Gebirge von Port Royal auf die Erzeugung der häufigen Gewitter zu erkennen. D'Abbadie hat in Aethiopien im Verlaufe von sechs Jahren 1909 Gewitter beobachtet, woraus sich das Jahresmittel zu dreihundert berechnet.

Nach Arago, Humboldt, Kämtz u. A. treten die Gewitter nirgends mit solcher Heftigkeit auf als in den Tropen zur Regenzeit. Am Morgen ist der Himmel vollkommen rein, aber gegen Mittag bedeckt er sich mit großer Schnelligkeit mit Wolken. Ununterbrochen folgt Blitz auf Blitz, während gleichzeitig der Donner viel intensiver als in unseren Gegenden rollt. Alle Reisenden stimmen darin überein, daß man sich in unseren Gegenden gar keine Vorstellung machen kann von der Heftigkeit dieser Gewitter. Sind sie gleichzeitig von Stürmen begleitet, so nennt man sie Tornados oder Torvados, auf den Antillen und in Indien hurricanes, im chinesischen Meere Typhone. Derartige Stürme treten sehr häufig zu Beginn der Regenzeit an der Küste von Sierra Leone auf. Nach Berichten Winterbottom's und Dampier's dauern sie selten länger als zwanzig bis dreißig Minuten; sie kommen aber plötzlich und wüthen mit einer fabelhaften Heftigkeit. So verloren bei einem Gewittersturme, welcher gegen Ende October 1831 über Balasore in Indien (21° 32' nördl. Br., 84° 30' östl. L.) wüthete, 10.000 Menschen ihre Leben. Die große Straße von Madras nach Calcutta geht über Balasore in einer Entfernung von 14 Kilometer von der Küste; trotzdem wurde sie mit allem, was sich dort befand, durch das Meer gewaltsam weggeführt. Eine Fläche von 24 Myriameter war 4 bis 5 Meter hoch mit Wasser bedeckt. Das Meer drang bis an die Thore der Stadt. Die Brücke und Trümmer eines Schiffes wurden auf der Straße gefunden. Ein nicht minder heftiger Gewittersturm verheerte am 25. Juli 1825 Guadeloupe: Kanonen von dem Kaliber 24 wurden von ihren Plätzen entfernt; ein Flügel eines Gouvernements-Gebäudes, welches sehr solid gebaut war, wurde zerstört und ein Eichenbrett von 9 Decimeter Länge, 2 Decimeter Breite und 22 Millimeter Dicke quer durch eine Palme von 4 Decimeter Durchmesser geschleudert.

Das Herannahen des Gewitters kündigt sich zuweilen durch bestimmte Vorzeichen an. Winterbottom erzählt, daß man z. B. an der Küste von Sierra-Leone im Osten eine schwere Wolke bemerkt, welche nicht viel größer zu sein scheint als die Handfläche. Nach Berichten Goldberry's von den Mündungen des Senegal erscheint in den höheren Luftregionen eine weiße runde Wolke. Schwache elektrische Scheine folgen rasch aufeinander und man vernimmt zuweilen das Rollen entfernten Donners. Dann verdichtet sich die Wolke, nimmt an Größe zu und der Donner tritt mit heftigem Gekrache auf; dann werden die Wolken immer schwärzer, bedecken den Himmel und die Erde erscheint in tiefe Nacht gehüllt, im lebhaften Contraste zur Reinheit des Himmels im Westen. Unmittelbar vor Ausbruch des Gewitters weht ein kaum fühlbarer Wind aus Osten, oder die Luft ist vollkommen unbewegt. Nichts rührt sich, höchstens an vereinzelnten Stellen kräuseln sich leichte Wirbel; gleichzeitig tritt ein rasches Fallen der Temperatur ein. Charakteristisch für die Gewitterstürme ist der Umstand, daß sie sich auf scharf umgrenzte Räume erstrecken; in einer Entfernung von 20 Kilometer oder weniger ist die Ruhe der Luft in keiner Weise gestört. Es ist nicht selten, daß der Wind im Zeitraume von wenigen Minuten alle Himmelsrichtungen passirt hat. Der Zeit nach fallen diese Gewitter gewöhnlich auf die heißesten Stunden des Tages; ist das Land aber gebirgig, so kommen jedoch auch Nachtgewitter vor.

Obschon man im allgemeinen sagen kann, daß die Gewitter in den niederen Breiten am häufigsten sind, so hat doch auch diese Regel ihre Ausnahmen. Plinius behauptet, es gäbe in Aegypten keine Gewitter und Plutarch erwähnt dasselbe bezüglich Aethiopiens. Entzieht es sich allerdings unserer Beurtheilung, ob diese Angaben zur damaligen Zeit den thatsächlichen Verhältnissen entsprachen, so ist doch andererseits zu bemerken, daß auch gegenwärtig in Nordafrika die Gewitter stellenweise gänzlich mangeln; als Träger der Elektricität tritt dort der heiße Chamsin auf. Und über Peru berichtet Arago: Alle Einwohner von Lima, welche nicht gereist sind, haben keine Vorstellung von einem Gewitter. Ich kann hinzufügen, daß sie ebensowenig den Blitz kennen; denn selbst Blitze ohne Donner durchzucken nie den zwar oft nebeligen aber niemals mit wahren Wolken bedeckten Himmel von Niederperu.

Die Gewitterhäufigkeit nimmt im allgemeinen ab mit der Zunahme der geographischen Breite; es ist jedoch hierbei bis jetzt nicht gelungen, eine regelmäßige Abnahme von Breitegrad zu Breitegrad nachzuweisen. Andererseits erfuhr aber auch Arago's Annahme gewitterfreier Gegenden in den höchsten Breiten keine Bestätigung. C. Kuhn gelangte in Bezug auf die Abnahme der Gewitter von Süden gegen Norden zu nachstehenden Resultaten:

Zone	Jährl. Gewitterzahl	Zahl der Beobachtungen
zwischen 65 und 60° nördl. Breite	6·1	7
» 60 » 57½ »	9·8	8
» 57½ » 55 »	18·0	5
» 55 » 52½ »	16·7	8
» 52½ » 50 »	19·0	24
» 50 » 47½ »	19·6	35
» 47½ » 45 »	23·5	18
» 45 » 40 »	30·1	5
Unter 40° »	48·0	6

Auch über das Auftreten von Gewittern über dem 65. Breitegrad hinaus verbreiten C. Kuhn's und v. Bär's Nachforschungen einiges Licht. So erinnert v. Bär an solche Ereignisse, die von Olaffen und Povelsen erzählt werden, und wonach es »im ganzen Laufe des Sommers von 1718 im nördlichen Island mit entsetzlichen Blitzen donnerte, wobei sogar am 11. Juni beim Gute Briamsnäs, unweit des See's Myvatn »ein Mann vom Blitze erschlagen wurde, ein junges Mädchen, dicht bei diesem ein Mann, niedergeworfen und drei Reiter von ihren Pferden gestürzt wurden«. Nach denselben Beobachtern, von denen der eine ein geborener Isländer, der andere ein auf der Insel ansässiger Arzt war (wie C. Kuhn mittheilt), sollen die Blitze auf den nördlichen Theilen der Insel häufig wahrgenommen und von Zeit zu Zeit Donner gehört werden, während im westlichen Theile der Insel seltener Gewitter wahrgenommen, und nur »der Donner in der Ferne« gehört werde, hingegen im südlichen Theile von Island die Gewitter häufiger sein sollen und sogar zuweilen Unheil herbeiführen. Die Kathedrale von Skalholt brannte zweimal infolge von Blitzschlägen ab. Im Jahre 1634 entzündete der Blitz den Dachstuhl der Häuser, die zur größeren Pfarrwohnung von Brodretunge zwischen Skalholt und dem Hekla gehören. Schrenk erzählt, daß er am 15. Juni 1837 am Ufer des Flusses Rotschoga (65½° nördl. Br.) ein Gewitter im Südosten, am 20. Juni am Ufer des Flusses Sylma (unter derselben Breite) heftigen Donner während eines Regens hörte, am 29. Juli unter 68° nördlicher Breite in einer jener baumlosen Wüsten, die man in Rußland Tundras nennt, von einem heftigen Gewitter erreicht wurde, und daß er am 2. August desselben Jahres unter 69° nördlicher Breite Blitze wahrgenommen habe. Bär und Lehmann haben am 23. Juni 1837 im russischen Lappland etwa unter 67° nördlicher Breite ein dreistündiges Gewitter beobachtet, das beiläufig unter 68° nördlicher Breite stattgefunden haben soll. In seiner weiteren Erzählung bemerkt Bär, daß der russische Capitän Reineke

während seiner Vermessungsarbeiten an den Küsten des weißen Meeres und des russischen Lapplandes im Laufe des Sommers 1826 unter 69° bis 70° nördlicher Breite acht Gewitter beobachtet habe, ferner daß Wegelius im Jahre 1708 zu Usioki dreimal donnern hörte. Selbst mitten auf dem Polarmeere habe der russische Admiral Wrangell im Nordosten Sibiriens ein Gewitter beobachtet.

Nach Bär's Angaben soll auf den Spitzbergen, sogar jenseits des 75° nördlicher Breite ein Gewitter beobachtet worden sein.

Bezüglich der Vertheilung der Gewitter auf Wasser und Land glaubt Arago aus seinen Nachforschungen schließen zu sollen, daß im allgemeinen die Gewitter auf hoher See seltener sind, als auf dem Festlande. Wenn man nämlich auf einer Erdkarte nach Länge und Breite alle Punkte einträgt, wo Seefahrer von Stürmen und Gewittern überfallen worden sind, so ergibt sich aus dem Anblick der Karte, daß die Zahl dieser Punkte mit der Entfernung von dem Festlande abnimmt. Arago glaubte sogar die Vermuthung äußern zu sollen, daß über eine gewisse Entfernung vom Lande hinaus überhaupt niemals Gewitter auftreten.

Arago's Ansichten sind jedoch bis jetzt noch nicht soweit bestätigt worden, daß sie als streng giltige Regeln betrachtet werden könnten; es dürfte aber auf dem Meere ebenso wie auf dem Festlande Orte ohne Gewitter geben, wie andererseits auch auf hoher See in jeder Entfernung vom Lande schon Gewitter beobachtet worden sind.

Was nunmehr die Gewitterhäufigkeit auf enger begrenzten Gebieten der Erdoberfläche anbelangt, möge nachstehend eine Tabelle folgen, welche Fritz über die Gewittervertheilung auf einzelne Länder aufgestellt hat.

Land	Zahl der Gewittertage	Zahl der Beobachtungsorte	Zahl der Beobachtungsjahre
Azoren	6	1	1
Portugal	2—3	2	1
Spanien	15	22	1
Süd-Frankreich	16	3	6—76
Nord-Frankreich	17	7	8—9
Schweiz, nördlich des eigentlichen Hochgebirges	19	15	6—52
Schweiz im Hochgebirgszuge	7	15	2—25
Holland	18	4	7—29
Belgien	21	7	4—31
Italien	38	4	11—50
Griechenland	31	2	5—10
Ungarn	22	3	11—14

Land	Zahl der Gewittertage	Zahl der Beobachtungsorte	Zahl der Beobachtungsjahre
Oesterreich, südlich der Donau	23	13	4—19
Oesterreich, nördlich der Donau	24	5	4—51
Baden	22	4	17—32
Württemberg	22	29	4—73
Baiern, südlich der Donau	21	10	7—57
Baiern, nördlich der Donau	20	7	4—25
Rheinland, Hessen, Westphalen	19	16	5—73
Sachsen	17	18	3—29
Provinz Schlesien	21	3	11—12
Hannover	15	2	13—20
Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Hansestädte	13	4	10—38
Provinz Sachsen und Brandenburg	17	3	8—120
Westpreußen	13	1	15
Großbritannien	7	6	5—25
Norwegen, südlich + 63°	4	9	3—30
Schweden, südlich + 60°	8	3	8—21
Finnland	8	2	?—12
Kurland, Esthland und Petersburg	11	5	4—102
Großrußland, nördlich + 69°	10	2	?—15
Großrußland, südlich + 60°	23	3	5—9
Westrußland	16	1	11
Kleinrußland	9	1	13
Südrußland	16	3	4—11
Kasan	17	3	1—8
Perm (Ural)	25	3	11—11
Georgien (Tiflis)	25	1	6
Altai	19	2	7—11
Kleinasien	20	2	1
Ost-Turkestan	beinahe 0	—	—
Unter-Mesopotamien	12	2	2
Hindostan	56	2	1
Borneo	54	1	9
Sumatra	86	2	3—4
Java	97	3	6—17
Amboina	15	1	1
Aegypten	sehr selten	—	—
Cairo*)	3	—	mehrere
Goldküste	52	2	3—4
Südguinea	32	1	—
Canada	23	1	?
Vereinigte Staaten, nördlich von 40° n. Br.	33	3	13—35
Vereinigte Staaten, südlich von 40° n. Br.	38	3	1—20
Westindien	36	3	mehrere

*) Zwischen Cairo und dem 17° n. Br. gibt es viele Orte, an welchen in Jahrzehnten kein Gewitter zum Ausbruche kommt; südlich des 17° nimmt jedoch die Gewitterhäufigkeit rasch zu, so zwar, daß Aethiopien, wie bereits oben erwähnt, zu den von Gewittern am häufigsten heimgesuchten Ländern zählt.

Auch aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß die Gewitterzahl im allgemeinen mit der zunehmenden geographischen Breite abnimmt; eine Regelmäßigkeit ist aber nicht nachzuweisen, wie dies ja doch kaum erwartet werden kann bei einer Naturerscheinung, deren Auftreten und Verlauf der Einwirkung localer Verhältnisse so sehr unterworfen ist, wie jene der Gewitter. Aber selbst an einem und demselben Orte kommt noch ein Umstand in Betracht, der auf die Gewitterhäufigkeit seinen Einfluß äußert und dem wir bisher noch keine Beachtung geschenkt haben — es ist dies die Zeit. Unterscheiden wir mit Rücksicht auf diese zunächst nur in Winter und Sommer, so ergeben sich nach C. Kuhn für die Gewitterhäufigkeit in diesen beiden Jahreszeiten die in nachstehender Tabelle angeführten Zahlen:

	Mittlere jährliche Gewitterzahl	Winter (In Proc. der Jahres-Summe)	Sommer
Skandinavien	6·7	23·3	76·7
Rußland	16·9	1·2	98·8
Mittel-Europa	20·4	4·6	95·4
Niederlande und Frankreich .	18·1	17·2	82·8
Schweiz (für drei Punkte) .	21·3	8·3	91·7
Italien und Türkei . . .	40·6	19·6	80·4

Setzt man die Zahl der jährlichen Gewitter gleich 100, so vertheilen sich diese nach Kämtz in folgender Weise auf die vier Jahreszeiten:

	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
West-Europa	8·9	17·7	52·5	20·9
Schweiz	0·4	20·6	69·0	10·0
Deutschland	1·4	24·4	66·0	8·2
Central-Europa	0·0	15·7	79·3	5·0

Nördlich der Alpen treten Gewitter in der Regel nur in der heißen Jahreszeit auf; es ist aber aus der Kämtz'schen Tabelle zu ersehen, daß die Herbst- und Wintergewitter in der Richtung vom Innern Europas aus gegen den Atlantischen Ocean zu sehr rasch zunehmen. Wohl in keinem Lande kommt, in Bezug auf die Vertheilung der Gewitter nach Jahreszeiten, der Unterschied zwischen Land- und Seeklima so prägnant zum Ausdrucke als in Skandinavien; wie aus nachstehender Tabelle, die gleichfalls Kämtz zusammengestellt hat, zu ersehen ist, zeigen Bergen und Söndmör eine ganz auffallende Häufigkeit der Wintergewitter, während die im Innern des Landes

gelegenen Orte Spydberg und Skara und ebenso Stockholm fast gar keine Wintergewitter haben. Im übrigen ist die Zahl der jährlichen Gewitter in Skandinavien überhaupt eine geringe.

	Bergen	Soendmoer	Spydberg	Stockholm	Skara
Januar	1·3	0·2	0·0	0·0	0·1
Februar	1·3	0·2	0·0	0·0	0·0
März	0·1	0·0	0·0	0·0	0·0
April	0·2	0·2	0·0	0·2	0·0
Mai	0·0	0·1	0·7	0·8	0·9
Juni	0·2	0·3	2·7	1·9	2·0
Juli	0·8	0·5	2·3	2·4	3·8
August	1·0	0·1	1·7	3·6	1·9
September	0·5	0·1	0·3	0·7	0·4
October	0·0	0·6	0·0	0·0	0·0
November	0·4	0·6	0·0	0·0	0·0
December	0·0	1·0	0·0	0·0	0·0
Jahr	5·8	3·9	7·7	9·3	9·2
Winter	44·8	35·6	0·0	0·0	0·1
Frühling	5·2	8·9	8·7	10·8	10·4
Sommer	34·5	22·2	86·9	81·7	83·5
Herbst	15·5	33·3	4·4	7·5	5·9

Hertzberg, Arentz und Ström haben die Wintergewitter in Bergen eingehend studirt und hierüber ausführlich berichtet. Hieraus ist zu entnehmen, daß die Gewitter daselbst sowohl bei Thauwetter und warmer Luft als auch bei anhaltendem strengen Froste stattfinden, stets aber mit dem Eintreten von West- oder Nordweststürmen in Verbindung stehen. Ström behauptet, man

Gebiete zu erstrecken und machen sich durch große Intensität der Erscheinungen bemerklich. So schlug der Blitz während eines solchen Gewitters am 21. Januar 1865 zündend in einen Thurm der Lorenzikirche zu Nürnberg. Van Bebber berichtet über zwei Gewitter am 17. und 21. Januar 1875, die überall von bedeutenden Hagelfällen begleitet waren. In Mundenheim bei Mannheim kamen Hagelkörner von Taubeneigröße vor; zu Heßheim brach und entwurzelte der Sturm Bäume und führte ein Ziegeldach mit sich fort; zu Vaihingen bedeckte der Hagel die Erde in einer 4 Centimeter hohen Schichte; in Cannstatt, Geislingen, Backnang, Scharndorf in Württemberg wurden grelle Blitze und kräftiger Donner beobachtet; in Mannheim wurden Dächer und Kamine beschädigt u. s. w.

Aus Bregenz berichtet Seyffertitz über ein Wintergewitter, welches am 20. November 1882 losbrach, folgendes: Mittags um 12½ Uhr zogen nach vormittägigem Wehen eines steifen Nordwestwindes mit Regen plötzlich tiefgehende dunkelgraue Wolkenmassen vom See her, welche so sehr verfinsterten, daß in manchen Wohnräumen Licht angezündet werden mußte. Zugleich erhob sich ein Nordwest, mit dichtem Schneegestöber; wenige Minuten darnach erhellte ein greller Blitz blendend alle Räume, dem unmittelbar darauf ein Donnerknall ohne Rollen folgte. Dieser einzige Blitzstrahl hatte in drei unmittelbar am See und der Eisenbahn gelegene Häuser, welche durch Gärten von einander getrennt sind, zu gleicher Zeit eingeschlagen; der Blitz hat an keiner Stelle gezündet, wohl aber Dachziegel zertrümmert. Eine halbe Stunde später schlug der Blitz in die Kirche zu Röthenbach (baier. Allgäu, 23 Kilometer von Bregenz), gleichfalls ohne zu zünden.

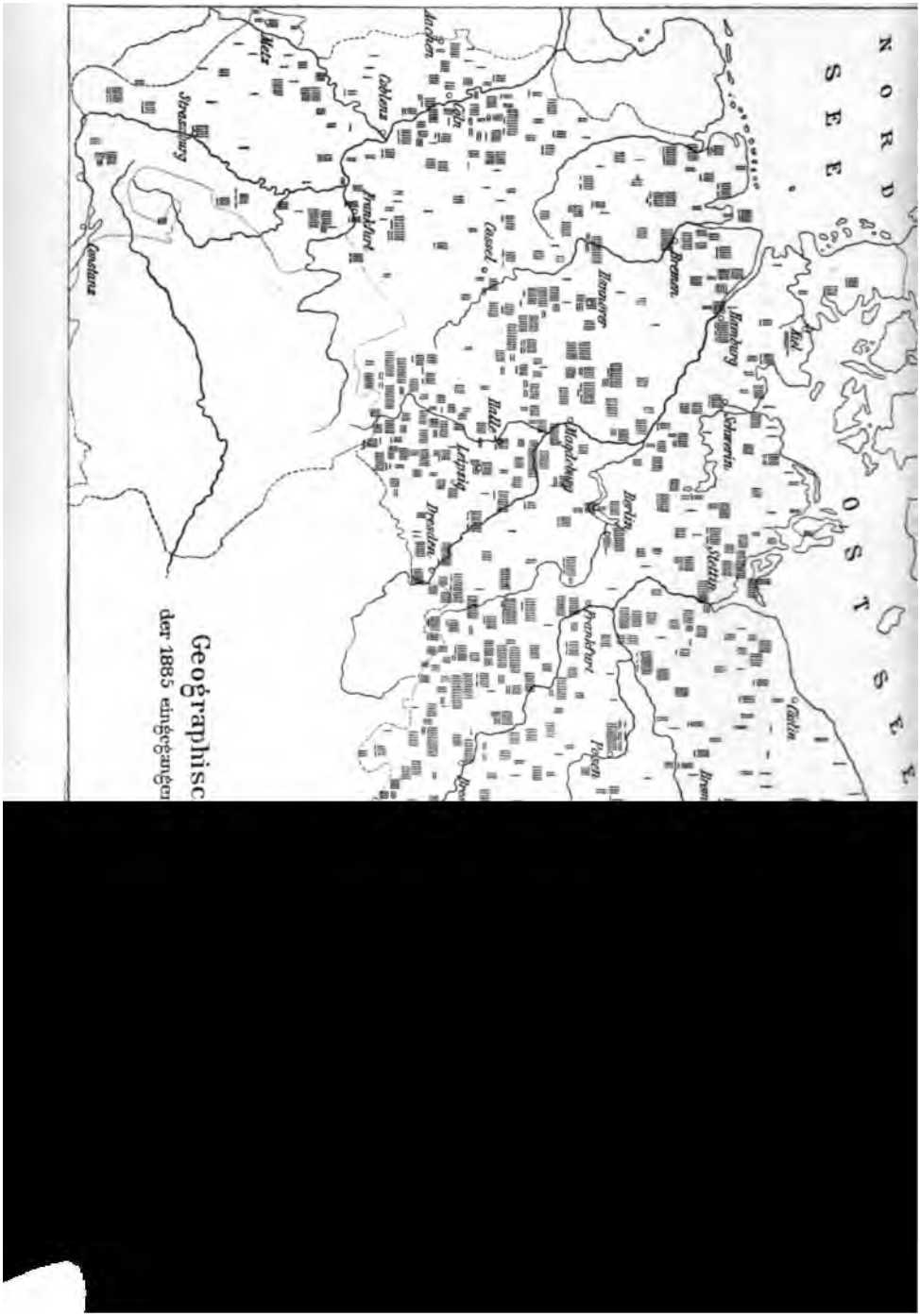
Dienstag den 5. December desselben Jahres drehte sich, nach einem ruhigen, wenig bewölkten Morgen und etwas Südströmung, der Wind um 2 Uhr Nachmittags plötzlich zu heftigem Nordwest, der ganz dunkle Wolkenmassen über den See führte. Es wurde förmlich Nacht und dann entwickelte sich ein heftiges, zwei Stunden anhaltendes dichtes Schneegestöber. Während jedoch in Bregenz keine anderen Erscheinungen eintraten, war diese plötzliche Windänderung im inneren Bregenzer Walde (Mellau bis Au) von heftigem Gewitter begleitet. Ein Augenzeuge schilderte als ganz merkwürdig die tiefe Finsterniß, das heftige sturmgepeitschte Flockengestöber, welches, durch die auffallend dunkelrothen Blitze momentan erhellt, den Eindruck eines Funkenregens machte und bezeichnete das fast ununterbrochene Rollen des Donners als höchst unheimlich.

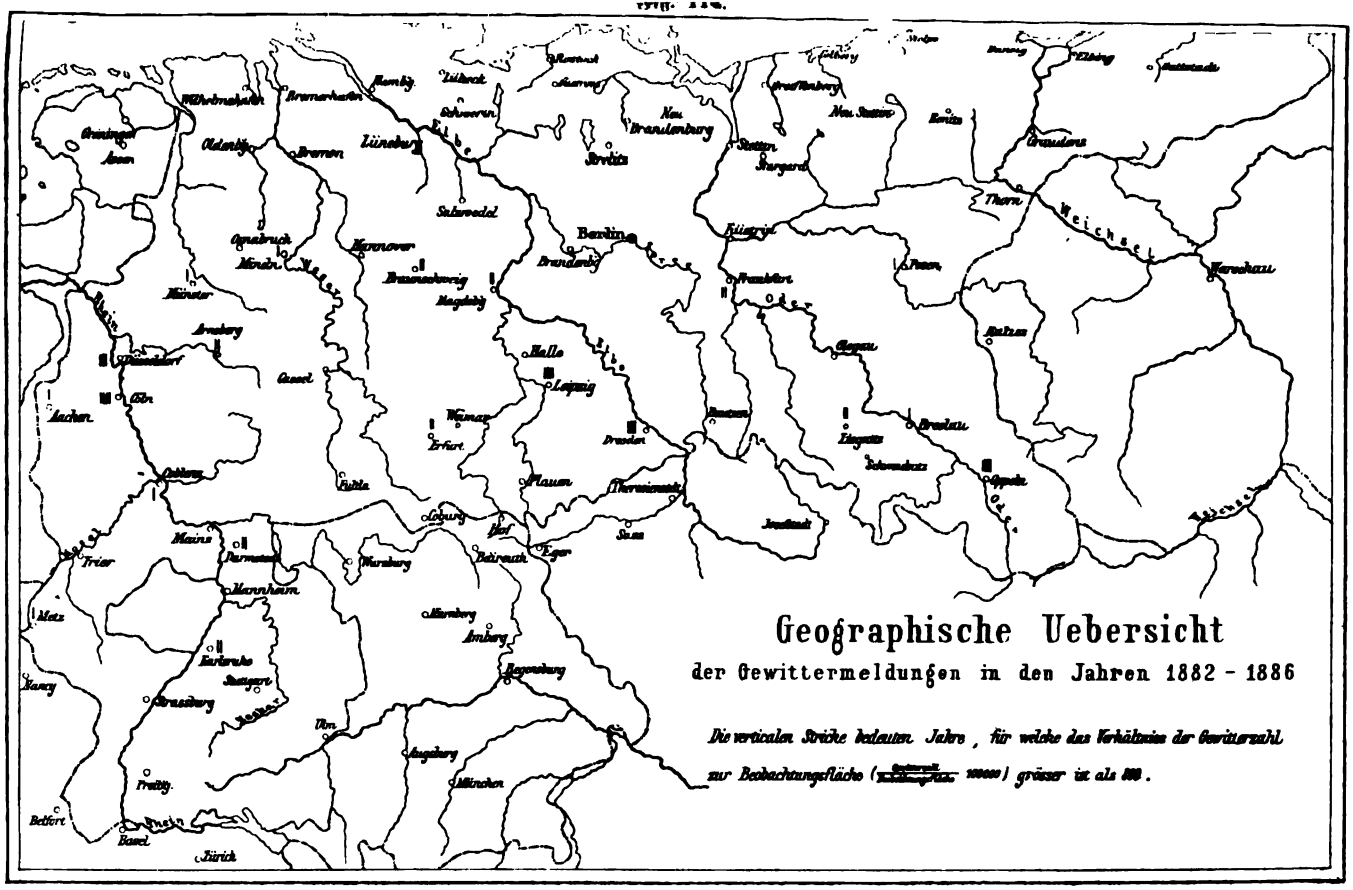
Nachdem wir nun im allgemeinen die Vertheilung der Gewitter nach Ort und Jahreszeit kennen gelernt haben, wollen wir unsere Aufmerksamkeit den diesbezüglichen speciellen Resultaten zuwenden, welche sich aus den

Ober-Postdirections-Bezirk	1882		1883		1884		1885	
	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl
Aachen	33	794	35	843	30	722	15	361
Arnsberg	64	831	20	260	115	1494	55	715
Braunschweig	38	510	18	242	67	899	87	1116
Bremen	22	289	21	276	42	553	54	710
Breslau	97	720	58	430	142	1054	98	727
Bromberg	13	67	8	41	39	200	49	251
Cassel	53	509	40	384	71	681	34	326
Coblenz	28	493	28	493	81	1426	35	616
Cöln	36	906	81	2038	94	2365	54	1359
Cöslin	38	271	28	199	73	520	20	142
Danzig	63	362	42	241	57	327	76	436
Darmstadt	66	862	43	562	67	876	47	614
Dresden	74	1087	85	1249	94	1381	86	1263
Düsseldorf	141	2579	88	1610	50	915	32	585
Erfurt	105	710	95	642	180	1218	128	866
Frankfurt (Main)	27	444	15	246	29	477	13	214
Frankfurt (Oder)	79	412	81	422	165	860	197	1026
Gumbinnen	84	529	49	309	87	548	106	668
Halle (Saale)	70	685	51	499	84	823	59	578
Hamburg	40	628	40	628	45	707	45	707

Ober-Postdirections-Bezirk	1882		1883		1884		1885	
	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl	Gewitter-Anzeigen	Verhältniß-zahl
Hannover	27	183	18	122	105	714	37	251
Karlsruhe (Baden)	68	1025	55	829	38	573	18	272
Kiel	86	527	64	392	61	374	37	227
Königsberg (Pr.)	65	308	30	142	50	237	50	237
Konstanz	69	717	51	530	44	457	24	249
Leipzig	85	894	83	873	94	988	93	978
Liegnitz	95	699	85	625	128	941	130	956
Magdeburg	75	542	59	426	186	1343	154	1112
Metz	54	868	49	788	40	643	21	338
Minden (Westph.)	34	466	31	425	94	1282	38	518
Münster (Westph.)	32	441	23	317	65	897	25	345
Oldenburg	69	470	62	422	102	694	75	511
Oppeln	201	1521	260	1968	152	1150	137	1037
Posen	159	908	46	263	93	531	81	463
Potsdam (einschl. Berlin)	72	348	24	116	123	594	131	633
Schwerin (Meckl.)	117	721	54	333	115	708	89	542
Stettin	112	696	78	485	87	541	107	665
Straßburg (Elsaß)	53	640	37	446	41	495	27	326
Trier	40	520	29	390	28	364	33	429

ſyſtematiſchen Beobachtungen in jenen Ländern ergeben haben, in welchen ein regelmäßiger Gewitterbeobachtungsdienſt organiſirt iſt. Beginnen wir mit Deutſch-




Geographische Uebersicht
der Gewittermeldungen in den Jahren 1882 - 1886
Die verticalen Striche bedeuten Jahre, für welche das Verhältniss der Gewitterzahl
zur Beobachtungsfläche (100000) grösser ist als 800.
Berlin
Hamburg
Lübeck
Schwerin
Bremerhafen
Wilhelmshafen
Oldenburg
Bremen
Lüneburg
Salzwedel
Stettin
Stargard
Neu Brandenburg
Neu Stettin
Elbing
Graudenz
Thorn
Weichsel
Warschau
Posen
Frankfurt
Oder
Glogau
Breslau
Oppeln
Hannover
Braunschweig
Magdeburg
Brandenburg
Halle
Leipzig
Dresden
Plauen
Erfurt
Weimar
Cassel
Fulda
Coburg
Hof
Bayreuth
Eger
Sass
Mainz
Darmstadt
Mannheim
Wurzburg
Nürnberg
Amberg
Regensburg
Augsburg
München
Ulm
Stuttgart
Karlsruhe
Strassburg
Freiburg
Basel
Zürich
Belfort
Nancy
Metz
Trier
Aachen
Cöln
Düsseldorf
Arnsberg
Münster
Minden
Osnabruck
Oldenburg
Groningen
Assen
Rhein
Weser
Elbe
Oder
Weichsel

Was zunächst die örtliche Verbreitung der Gewitter betrifft, so geben hierüber die Tabellen Seite 300 u. 301 Rechenschaft, welche auf Grund der in der Berliner »Elektrotechnischen Zeitschrift« veröffentlichten Berichte entworfen sind. In den ersten Rubriken ist für jedes Jahr die Anzahl der erfolgten Gewitteranzeigen eingetragen, während die zweiten Rubriken Verhältnißzahlen, welche das Verhältniß der Gewitterzahl zur Beobachtungsfläche, $\frac{\text{Gewitterzahl}}{\text{Beobachtungsfläche}}\ 100000$, ausdrücken, enthalten.

Die geographische Vertheilung der Gewitter ist in den genannten Berichten auch graphisch zur Darstellung gebracht. Die Art dieser graphischen Darstellung ist für die im Jahre 1885 eingegangenen Gewittermeldungen aus Figur 113 zu ersehen. Es bezeichnen hierbei die verticalen Striche die aus Süden und Westen, die horizontalen die aus Osten und Norden beobachteten Gewitter. In Figur 114 wurde der Versuch gemacht, die Orte stärkster Gewitterfrequenz für die Jahre 1882 bis 1885 kenntlich zu machen. Es bedeuten in diesem Kärtchen die verticalen Striche Jahre, für welche das Verhältniß der Gewitterzahl zur Beobachtungsfläche $\frac{\text{Gewitterzahl}}{\text{Beobachtungsfläche}}\ 100000$ größer als 800 geworden ist. Wenn es überhaupt gestattet ist, nach einer verhältnißmäßig so kurzen Zeit (vier Jahre) regelmäßiger Beobachtung eine Vermuthung über die örtliche Vertheilung der Gewitter auszusprechen, so wäre es, wie der Anblick des Kärtchens in Figur 114 lehrt, die, daß die größte Frequenz der Gewitter an die drei Hauptströme Oder, Elbe, Rhein, des deutschen Reichs-Telegraphengebietes gebunden erscheint. So ergeben sich im Odergebiete als gewitterreichste Orte Oppeln, Breslau, Liegnitz und Frankfurt, an der Elbe und Saale Dresden, Leipzig und Magdeburg, und für den Rhein Karlsruhe, Darmstadt, Coblenz, Cöln und Düsseldorf.

Nicht minder wichtig als die räumliche Vertheilung der Gewitter ist deren Vertheilung auf die einzelnen Monate, beziehungsweise auf Tage und Tageszeiten. Richtet nun auch die deutsche Reichs-Telegraphenverwaltung, wie begreiflich, ihr Hauptaugenmerk darauf, welche Einwirkung die Gewitter auf den Betrieb und auf die technischen Einrichtungen der Telegraphen ausüben, so enthalten ihre Berichte doch immerhin auch ganz interessante Mittheilungen über die zeitliche Vertheilung der Gewitter; so erscheinen namentlich die graphischen Darstellungen für die Jahre 1882 bis 1885 (in den Figuren 115 und 116 wiedergegeben) sehr geeignet, einen klaren Einblick zu gewähren. Doch halten wir uns zunächst an die Zahlen; in der nachstehenden Tabelle ist sowohl die Vertheilung der Gewittertage als auch die der einzelnen Gewittermeldungen auf die einzelnen Monate dargestellt.

Monate	1882		1883		1884		1885	
	Gewitter-Meldungen	Gewitter-Tage	Gewitter-Meldungen	Gewitter-Tage	Gewitter-Meldungen	Gewitter-Tage	Gewitter-Meldungen	Gewitter-Tage
Januar	—	—	—	—	5	3	—	—
Februar	—	—	—	—	1	1	2	1
März	—	—	2	1	9	3	5	4
April	63	10	9	4	19	6	185	12
Mai	**944**	19	306	21	**881**	17	326	**24**
Juni	434	28	507	26	421	23	1083	18
Juli	**739**	25	788	31	**1361**	28	482	**22**
August	332	23	282	22	348	21	315	19
September	122	13	103	14	136	11	114	12
October	41	7	57	6	33	7	12	6
November	9	4	9	4	—	—	1	1
December	—	—	1	1	—	—	1	1

Sowohl die Tabelle als auch die graphischen Darstellungen, beide scheinen uns auf zwei jährliche Gewittermaxima hinzuweisen, die beiläufig in die Monate Mai und Juli fallen. So liefen im Jahre 1882 im Mai 944 und im Juli 739 Gewittermeldungen ein, während im Juni und noch mehr in den übrigen Monaten die betreffenden Zahlen bedeutend herabgemindert erscheinen. In voller Uebereinstimmung hiermit befindet sich die graphische Darstellung Figur 115; hier setzen sich die Gewitteranmeldungen zu den Spitzen am 5., 8., 28. und 30. Mai und dann zu den Spitzen am 17., 21., 24. und 26. Juli zusammen. Für das Jahr 1883 sind die beiden Maxima aus der Tabelle nicht gut zu ersehen; ist es zwar allerdings möglich, daß dieselben thatsächlich nicht so ausgeprägt waren wie in anderen Jahren, so ist doch andererseits auch der Fall denkbar, daß die beiden Maxima nur aus dem Grunde in der Tabelle nicht hervortreten, weil sie für dieses Jahr nicht gerade mit den Monaten zusammenfallen. Letztere Annahme scheint uns auch in der graphischen Darstellung für das Jahr 1883 eine Bestätigung zu finden. Hier (Figur 115) sind die beiden Maxima ganz gut zu erkennen, sobald man eine beiläufig zehntägige Verschiebung annimmt. Das erste Maximum fällt dann in die Zeit vom 9. Mai bis 8. Juni, das zweite Maximum in die Zeit vom 6. Juli bis 15. August. Ungewöhnlich deutlich lassen sich die beiden Maxima des Jahres 1884 erkennen. Wie die Tabelle zeigt, beträgt die Anzahl der Gewittermeldungen für Mai 881, für Juli 1361, während im Juni nur die Zahl 421 erreicht wurde; nicht minder scharf ausgeprägt erscheint dieses Verhältniß in der graphischen Darstellung, Figur 116. Die Gewittermeldungen

APRIL MAI JUNI JULI 1882 AUGUST SEPTEMBER OCTOBER NOVEMBER

APRIL MAI JUNI JULI 1883 AUGUST SEPTEMBER OCTOBER NOVEMBER

NOVEMBER

OCTOBER

SEPTEMBER

AUGUST

JULI

JUNI

MAI

APRIL

NOVEMBER

OCTOBER

SEPTEMBER

AUGUST

JULI 1884

JULI

JUNI

MAI

APRIL

setzen sich nämlich einerseits zu den Spitzen vom 13. bis 19. Mai und andererseits zu den Spitzen am 2., 6., 13., 16. und 24. Juli zusammen. Im Jahre 1885 fällt der Juni durch die große Anzahl der Gewittermeldungen, 1083, besonders auf, doch sind trotzdem die beiden Maxima durch die Anzahl der Gewittertage, 24 im Mai und 22 im Juli gegenüber 18 im Juni charakterisirt. Auf die durch zwei Maxima gekennzeichnete jährliche Periode zurückzukommen, wird übrigens auch noch die Besprechung der Gewitterbeobachtungen in anderen Ländern Gelegenheit darbieten.

Was die Vertheilung der Gewitter auf die verschiedenen Stunden des Tages anbelangt, geben die Tabellen auf S. 309 Aufschluß; die weitaus größte Anzahl der Gewitter fällt hiernach in die heißesten Tagesstunden. Auch wäre allenfalls noch zu bemerken, daß in den vollständig wiedergegebenen Tabellen für 1882 und 1884 die beiden Jahresmaxima, Mai und Juli, abermals sehr deutlich erkennbar hervortreten; da die tägliche Gewittervertheilung in den Jahren 1883 und 1885 in Bezug auf die einzelnen Monate kein besonderes Interesse darbietet, wurde dieselbe nur summarisch mitgetheilt.

Ueber die jährliche Periode der Gewitter in Wien hat J. Hann auf Grund 32jähriger Beobachtungen interessante Mittheilungen gemacht. Hiernach würden sich die Gewitter eines Jahres in folgender Weise auf die einzelnen Monate vertheilen:

538 Gewitter.

Januar	1	Juli	134
Februar	2	August . . .	102
März	4	September . .	23
April	30	October . . .	7
Mai	97	November . .	0
Juni	136	December . .	2

Wintergewitter sind also in Wien, wie überhaupt in Mitteleuropa seltene Erscheinungen; auf das Halbjahr April-September fallen 97 Percent aller Gewitter, so daß man also wohl sagen kann, die Gewitter sind auf das Sommerhalbjahr April-September beschränkt. Die größte Gewitterhäufigkeit fällt auf die Monate Juni und Juli. Die nahezu gleiche Anzahl der Gewitter für die letztgenannten beiden Monate deutet darauf hin, daß die Jahresperiode keinen einfachen Verlauf nimmt, d. h. daß sie sich nicht durch eine einfache Curve mit nur einem Maximum darstellen läßt. Und in der That tritt ein doppeltes Maximum der Gewitterfrequenz mit voller Deutlichkeit hervor, sobald man die Gewitterhäufigkeit für halbe Monate feststellt; es ergeben sich dann (Seite 310) für:

1882	Vormittags				Nachmittags									
	12—3 Uhr	3—6 Uhr	6—9 Uhr	9—12 Uhr	12—1 Uhr	1—2 Uhr	2—3 Uhr	3—4 Uhr	4—5 Uhr	5—6 Uhr	6—7 Uhr	7—8 Uhr	8—9 Uhr	9—12 Uhr
April	—	—	—	1	6	6	14	9	7	4	10	4	2	—
Mai	8	2	10	56	52	79	140	120	116	118	97	81	46	19
Juni	10	6	49	43	21	28	27	61	60	56	35	19	11	8
Juli	15	13	36	80	56	48	77	85	82	68	66	50	31	32
August	3	1	4	18	35	45	51	41	39	45	26	11	6	7
September	4	2	4	2	3	5	3	11	15	11	26	21	12	3
October	4	2	—	2	1	2	—	4	5	2	8	4	1	6
November	—	—	1	2	—	—	1	—	1	3	—	—	1	—

1884	Vormittags				Nachmittags									
	12—3 Uhr	3—6 Uhr	6—9 Uhr	9—12 Uhr	12—1 Uhr	1—2 Uhr	2—3 Uhr	3—4 Uhr	4—5 Uhr	5—6 Uhr	6—7 Uhr	7—8 Uhr	8—9 Uhr	9—12 Uhr
Januar	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	2	1	—	—
Februar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
März	—	—	—	—	—	—	—	5	2	1	—	—	1	—
April	—	—	—	—	—	1	3	2	5	4	2	2	—	—
Mai	3	18	46	50	38	50	98	127	129	113	93	71	27	18
Juni	—	1	2	48	39	52	55	71	49	53	19	21	11	4
Juli	10	11	80	97	56	75	141	151	167	192	152	104	79	74
August	4	3	14	20	19	27	48	53	45	46	32	14	23	6
September	2	—	—	1	6	4	16	23	13	25	16	18	9	7
October	—	—	—	3	3	5	4	3	4	5	3	—	3	1

Im Jahre	Vormittags				Nachmittags									
	12—3 Uhr	3—6 Uhr	6—9 Uhr	9—12 Uhr	12—1 Uhr	1—2 Uhr	2—3 Uhr	3—4 Uhr	4—5 Uhr	5—6 Uhr	6—7 Uhr	7—8 Uhr	8—9 Uhr	9—12 Uhr
1882	44	26	104	204	174	213	313	331	325	307	268	190	110	75
1883	13	14	82	214	123	232	228	280	248	231	171	117	67	44
1884	19	33	143	220	161	214	365	436	414	439	319	231	153	111
1885	14	12	34	141	114	181	271	338	407	360	279	217	137	92

	I. Hälfte	II. Hälfte
April	6	24 Gewitter
Mai	37	60 »
Juni	**82**	54 »
Juli	63	**71** »
Auguſt	70	32 »
September . . .	13	10 »

Wir haben alſo auch für Wien zwei Maxima der Gewitterfrequenz: ein Maximum in der erſten Hälfte Juni und ein ſecundäres Maximum in der zweiten Hälfte Juli. Zu ähnlichen Reſultaten führte die Beobachtung der Gewitter zu Prag aus den Jahren 1840—1885; W. Láska berichtete hierüber ausführlich in den Publicationen der Prager Sternwarte. Hiernach ergibt ſich für die halben Monate nachſtehende Vertheilung der Gewitter:

	I. Hälfte	II. Hälfte
Mai	50 Gewitter	80 Gewitter
Juni	**113** »	95 »
Juli	**106** »	94 »
Auguſt . . .	84 »	82 »

Es exiſtiren ſomit für Prag ebenſo zwei jährliche Maxima der Gewitterhäufigkeit wie für Wien. Während jedoch das erſte Maximum für beide Orte auf die erſte Hälfte Juni fällt, tritt das zweite Maximum in Wien in der zweiten Hälfte Juli, in Prag hingegen ſchon in der erſten Hälfte Juli ein. Dieſe beiden Maxima treten noch deutlicher hervor, wenn man die Gewitterhäufigkeit für Dekaden aufſucht, wie dies für die Monate Mai, Juni, Juli und Auguſt nachſtehend ausgeführt iſt:

		Gewitter in Wien	Gewitter in Prag
Mai	1. bis 10.	12	31
	11. » 20.	37	43
	21. » 30.	32	56
Juni	31. bis 9.	**47**	**72**
	10. » 18.	39	65
	20. » 29.	30	61
Juli	30. bis 9.	41	**73**
	10. » 19.	**43**	62
	20. » 29.	36	**65**

		Gewitter in Wien	Prag
August	30. bis 8.	**42**	59
	9. » 18.	38	55
	19. » 28.	25	52

Die Zerlegung in Dekaden läßt also die doppelte Periode der Gewitterfrequenz allerdings noch deutlicher erkennen, gleichzeitig wird aber der übrige Verlauf der Zahlen schon weniger regelmäßig; so scheint sich z. B. das zweite Maximum schon in zwei Maxima zu spalten, von welchen für Wien das eine in die zweite Dekade des Juli, das andere in die erste Dekade des August fällt; in Prag tritt dieses Doppelmaximum um eine Dekade früher ein. Für Perioden in so kleinen Zeiträumen sind offenbar die Gewitterbeobachtungen noch nicht lange genug fortgesetzt worden; es ist sehr leicht möglich, daß diese complicirte Periodicität durch eine längere Beobachtungsreihe eine Vereinfachung erfährt.

Die doppelte Gewitterperiode, bereits durch v. Bezold constatirt, besitzt, wie oben gezeigt, auch für Deutschland Giltigkeit und wurde durch Hann für Wien, durch Láska für Prag nachgewiesen; sie scheint für Mitteleuropa überhaupt ziemlich außer Zweifel zu stehen. Auffallend ist auch die Uebereinstimmung dieser doppelten Periode in Wien, München und Hohenpeissenberg.

	Mai		Juni		Juli		August	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Hohenpeissenberg	118	126	**164**	139	166	**192**	181	142
München . .	22	46	**47**	36	43	**44**	**46**	31
Wien . . .	37	60	**82**	54	63	**71**	70	32

Und Lancaster erhielt aus 46jähriger Beobachtung in Brüssel gleichfalls die doppelte Periode angedeutet.

	Mai		Juni		Juli		August	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Brüssel . . .	41	65	68	**73**	67	**88**	79	71

Für Brüssel scheint also das erste Maximum eine Verschiebung auf die zweite Hälfte des Juni zu erleiden; es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß die Gewitterperioden mit dem jährlichen Wärmegange im Zusammenhange stehen und namentlich auch mit dem großen Kälterückfall in der zweiten Hälfte Juni. Es ist sehr zu wünschen, daß diese Untersuchungen an möglichst vielen Orten der Erde ausgeführt werden, damit diese Verhältnisse eine Klärung erfahren.

Ferrari, dessen Arbeiten in Bezug auf die Gewittererscheinungen in Oberitalien zu erwähnen wiederholt Gelegenheit sich fand, wies gleichfalls eine

doppelte Jahresperiode der Gewitterhäufigkeit nach. Ferrari theilt die Gewitter ein in ausgedehnte und in locale und findet die nach Monaten dargestellte Gewitterhäufigkeit der letzteren nahezu übereinstimmend mit jener der ersteren: die 360 ausgedehnteren Gewitter vertheilen sich in folgender Weise:

30. April	Mai	Juni	Juli	Auguſt	1.—17. September
6	67	**104**	57	**96**	30

Die kleineren Gewitter zeigen aber folgenden Gang:

30. April	Mai	Juni	Juli	Auguſt	1.—17. September
5	36	**72**	35	**46**	15

Hieraus ergibt sich also, daß die Gewitterhäufigkeit im Pothale von April bis gegen Ende Juni wächst, um diese Zeit ein Maximum erreicht und im Juli wieder etwas sinkt, sich im August zu einem zweiten Maximum steigert und schließlich im Spätherbste wieder allmählich sinkt.

Kehren wir nochmals zu den Wiener Beobachtungen zurück und wenden wir nunmehr unsere Aufmerksamkeit der Vertheilung der Gewitter auf die einzelnen Tagesstunden zu. Hann legt der täglichen Periode der Gewitter nicht einzelne Gewitter, sondern Gewitterstunden zu Grunde, in der Weise, daß z. B. ein Gewitter, welches von 5 bis 7 Uhr stattfindet, sowohl unter 5—6 als auch unter 6—7 eingereiht erscheint, während ein Gewitter, welches von $^1/_2$5 bis $^1/_2$6 Uhr währt, nur einmal in dem Intervall 4—5 aufgeführt wird. Zur Ermittlung der täglichen Periode dienten 696 Gewitterstunden. Das Sommerhalbjahr wurde in vier Gruppen zerlegt.

Aus nebenstehender Tabelle ist aber zu ersehen, daß das Maximum der Gewitter auf die heißesten Nachmittagsstunden, 2—4 Uhr, fällt; außerdem ergibt sich aber aus der nebenstehenden Tabelle noch die interessante Thatsache eines zweiten nächtlichen Maximums, zwischen Mitternacht und 3 Uhr Morgens. Tritt dieses nächtliche Maximum dem Betrage nach auch sehr weit hinter das nachmittägige zurück, so ist es doch nichtsdestoweniger vollkommen deutlich ausgeprägt. Es ist dies übrigens keine für Wien allein giltige, ganz vereinzelte Beobachtung, sondern wurde die zweite, nächtliche Periode von Schultheiß auch für Baiern (1880/84) nachgewiesen.

Ferner constatirt Láska für Prag ein Maximum für die ersten Stunden nach Mitternacht und glaubt dieses in folgender Weise erklären zu sollen: Bekanntlich findet das erste Maximum statt zur Zeit, wo die Temperatur ihr Maximum erreicht; die höheren Luftschichten aber haben höchst wahrscheinlich zwei Maxima der Temperatur; das eine haben sie mit dem unteren gemeinsam, 3—4 Stunden nach dem höchsten Sonnenstande, das andere findet statt eben

Die tägliche Periode der Gewitter in Wien.

Tageszeit	Gewitterstunden					
	Winter-Halbjahr	Sommer-Halbjahr (April-September)				Summe
		I.	II.	III.	IV.	
Mitternacht bis 1 Uhr	0	1	**6**	2	7	**16**
1—2	0	1	4	2	2	9
2—3	0	2	3	3	0	8
3—4	0	3	0	1	0	4
4—5	0	2	1	0	2	5
5—6	0	1	1	0	0	2
6—7	0	1	1	1	2	5
7—8	0	0	1	0	1	2
8—9	0	0	1	1	0	2
9—10	0	1	3	1	0	5
10—11	0	0	4	1	0	5
11 Uhr bis Mittag	1	7	6	6	0	19
Mittag bis 1 Uhr	1	9	10	7	3	29
1—2	0	21	24	23	12	80
2—3	0	**30**	23	20	**21**	94
3—4	1	24	**30**	**26**	20	**100**
4—5	0	21	12	15	19	67
5—6	2	17	29	22	18	86
6—7	0	11	17	12	8	48
7—8	1	7	14	7	12	40
8—9	1	5	8	3	8	24
9—10	0	0	11	2	5	18
10—11	0	2	5	1	4	12
11 Uhr bis Mitternacht	0	1	2	1	5	9
Summe . . .	7	167	216	157	149	689

diese Zeit nach der größten Erdstrahlung, welche um 9 Uhr Abends ihr Maximum erreicht. Zu dieser Zeit wird es oben oft wärmer als unten, und das labile Gleichgewicht, d. h. die verticale Luftströmung, ist vielleicht die wichtigste Ursache des Gewitters.

Die bereits wiederholt erwähnten Untersuchungen v. Bezold's führten, bezüglich der täglichen Gewitterperiode, gleichfalls zur Constatirung eines zweiten nächtlichen Maximums. Nachstehende von Bezold mitgetheilte Tabelle enthält nicht die unmittelbar erhaltenen Zahlen, sondern Mittel aus drei aufeinander folgenden, die immer in der Art gebildet sind, daß der mittleren das doppelte Gewicht beigelegt ist, d. h. wenn die für drei aufeinander folgende Stunden erhaltenen Summen der Meldungen über ersten Donner a, b, c,

waren, so wurde für die mittlere der drei Stunden der Wert $\frac{a+2b+c}{4}$ gebildet, und indem man für alle 24 Stunden ähnlich verfuhr, wurden die in der Tabelle enthaltenen Zahlen gefunden. Bezold wählte diese Methode der Abrundung aus dem Grunde, weil hierdurch kleine Zufälligkeiten beseitigt werden und das eigentlich Gesetzmäßige schärfer hervortreten kann. Aus der Tabelle ist neben dem ersten Maximum, welches auf die Nachmittagsstunden fällt, das zweite auf die ersten Morgenstunden treffende klar ersichtlich.

Bemerkenswert ist, daß beide Maxima für das Jahr 1882 etwas verschoben erscheinen, und zwar in Baiern um eine, in Württemberg um zwei Stunden; auch muß es auffallen, daß die Maxima in Württemberg immer beiläufig um eine Stunde früher eintreten als in Baiern. Es hängt dies wohl mit der Lage der Beobachtungsorte zu jener der Gewitterherde zusammen.

Zeit des ersten Donners	Baiern				Württemberg	
	1879	1880	1881	1882	1881	1882
Vormittags						
12—1	76·5	37·2	106·8	64 2	**41·8**	10·2
1—2	**84·8**	**43·8**	107·0	44 8	39·5	9·5
2—3	**84·8**	42·0	**111·5**	47·2	32·2	**10·2**
3—4	58·8	33·3	94·5	**48·8**	25·8	9·5
4—5	29·0	25·8	74·3	43·0	25·3	7·8
5—6	18·3	20·2	65·8	36·8	26·0	7·0
6—7	17·8	19·1	61·3	32·2	21·5	7·5
7—8	23·8	23·7	58·8	31·8	16·0	8·2
8—9	42·0	26·8	57·3	35·0	15·0	10 0
9—10	77·8	32·3	96·5	50·5	22·0	12·8
10—11	123·5	73·2	187·0	83·8	35·0	15·8
11—12	150·3	162 0	277·5	119·2	43·0	22·0
Nachmittags						
12—1	173·0	293·3	367·5	164·2	47·5	38·8
1—2	239·3	451·5	466·3	243·8	63·0	61·5
2—3	317·5	554·0	550·5	346·2	**86·0**	82·2
3—4	**346·0**	**589·3**	**583·8**	421·8	76·0	96·5
4—5	322·3	583·8	526·8	**452·2**	63·8	**100·2**
5—6	287·0	493·5	435·5	441·2	63·3	89·5
6—7	261·8	376·0	394·8	378·5	69·5	69·0
7—8	243·3	289·0	398 8	300·2	75·8	59·8
8—9	223·8	193·5	372·5	227·2	74·8	58·5
9—10	177·0	87·2	282·5	159·0	62·5	43·5
10—11	113·3	47·0	190·0	123·0	47·0	23·5
11—12	79·0	35 8	133·3	99·3	40·8	13·8

Bezüglich der jährlichen Periode der Gewitter möge schließlich noch eine Eigenthümlichkeit Erwähnung finden, welche Hann für die Gewitter in Wien constatirt hat. Es ist dies eine wohlcharakterisirte Jahresperiode nach der Zugrichtung der Gewitter. Das Ergebniß der diesbezüglich vorgenommenen Gruppirung der Gewitterbeobachtungen ist in nachstehender Tabelle enthalten.

Häufigkeit der Gewitter nach Richtung und Jahreszeit.

	April	Mai		Juni		Juli		August		September
		I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	
Norden . . .	2·5	4·5	5·0	**14·0**	4·0	5·0	3·5	5·5	4·5	1·0
Nordosten . .	1·5	1·0	5·5	**7·5**	6·5	7·0	5·0	4·5	1·0	2·5
Osten	0·0	1·5	7·5	**9·5**	2·0	3·5	6·5	0·5	1·0	1·0
Südosten . .	4·0	2·5	1·0	**8·5**	2·5	5·5	3·5	5·5	2·0	1·0
Süden . . .	2·0	2·5	3·5	**8·5**	5·0	4·0	5·0	**8·0**	1·5	0·0
Südwesten . .	3·0	2·5	8·0	7·5	6·5	6·5	10·0	**15·5**	2·0	1·5
Westen . . .	8·5	10·0	**14·0**	6·5	8·5	16·5	10·5	**17·5**	6·5	7·5
Nordwesten .	6·5	4·5	8·5	7·0	8·0	**12·0**	11·0	7·0	7·5	2·5

Aus dieser Tabelle ist unschwer zu erkennen, daß die Gewitter aus Norden, Nordosten, Osten und Südosten ein stark hervortretendes Maximum im Frühsommer zeigen, während bei den Gewittern aus Südwesten, Westen und Nordwesten das eigentliche Maximum auf den Hochsommer fällt.

Faßt man sämmtliche Gewitter, wie nachstehend, in zwei Gruppen zusammen, so findet man, daß die Gewitter aus den östlichen Quadranten und die Nordgewitter in der ersten Junihälfte ihr Maximum erreichen, und daß sie trotz ihrer relativen Seltenheit (160·5 gegen 283·5) zu der angegebenen Zeit häufiger als die Gewitter aus den übrigen Himmelsgegenden auftreten (im Verhältnisse von 39·5 zu 29·5).

	April	Mai		Juni		Juli		August		September
		I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	
NO., O., SO.	5·5	5·0	14·0	**25·5**	11·0	16·0	15·0	10·5	4·0	4·5
SW., W. NW.	18·0	17·0	**30·5**	21·0	23·0	35·0	31·5	**40·0**	16·0	11·5

Es ist noch zu bemerken, daß die Ostgewitter (Nordost — Südost) der Nordwestseite der Mittelmeerdepressionen anzugehören scheinen, welche von der nördlichen Adria nach Ungarn kommen; die Westgewitter entstehen zumeist am Südost- und Südrande der atlantischen Depressionen. Für die tägliche Gewitterperiode ergab sich, soweit dies aus den bisherigen Beobachtungen beurtheilt werden konnte, kein Unterschied in Bezug auf die Zugrichtung der

Gewitter, d. h. die Gewitter aus allen Richtungen erreichen das Maximum ihrer Häufigkeit zwischen 2 und 6 Uhr Nachmittags.

Für Prag erhielt Láska in Bezug auf die Richtung der Gewitter nachstehende Vertheilung derselben:

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
I. Mai und Juni	10	17	12	24	23	25	63	19
II. Juli und August	6	8	5	7	20	38	73	27

es entfallen also auf die Richtungen

von N. bis SO.	und auf	SW. bis NW.
I. **53**		I. 107
II. 26		II. **138**

Gewitter.

Diese Zahlen bestätigen somit die Resultate von Hann, nach welchen die Gewitter aus Norden, Nordosten, Osten und Südosten im Frühsommer ein stark hervortretendes Maximum haben, während ein solches für jene aus Südwesten, Westen und Nordwesten auf den Hochsommer fällt. Auch zeigt es sich deutlich, daß die Gewitter der Ostseite des Horizontes nach dem Monate Juli seltener werden, zu welcher Zeit die Westgewitter ihr Maximum erreichen. Das Maximum der Nordgewitter hat der Monat Mai, das der Nordost-Gewitter der Monat August. Die Winter- und Spätherbstgewitter gehören ausschließlich der Westseite an.

Nach Erörterung der jährlichen und täglichen Gewitterhäufigkeit ist wohl auch die Frage berechtigt, ob die Gewitter nicht auch eine säculare Periode, d. h. eine Zu- oder Abnahme ihrer Häufigkeit innerhalb einer größeren oder geringeren Anzahl von Jahren zeigen. Hierzu muß gleich im Vorhinein bemerkt werden, daß eine sichere Beantwortung wohl nur dann erfolgen kann, wenn über viele Jahre sich erstreckende, ununterbrochen fortgeführte Gewitterbeobachtungen vorliegen; daß dies gegenwärtig kaum für einige wenige Orte zutrifft, hatten wir bereits wiederholt Gelegenheit zu bemerken. Da aber schon die bisher diesbezüglich unternommenen Versuche das Vorhandensein solcher säcularer Perioden zu vermuthen erlauben, so mögen diesem Gegenstande auch hier einige Zeilen gewidmet werden. Nachstehend ist zunächst eine von C. Kuhn veröffentlichte Tabelle wiedergegeben, in welcher für verschiedene Orte die Abweichungen der Gewitterfrequenz in einzelnen aufeinander folgender Jahren von ihrem mittleren normalen Werte, wie er sich aus den vorhandenen mehrjährigen Beobachtungen ergibt, zusammengestellt sind. Hierbei wurden die Differenzen aus der Anzahl der Gewitter der einzelnen Jahre und der normalen Gewitterzahl ohne oder mit dem Minuszeichen (—) bezeichnet, je nachdem diese kleiner oder größer als jene sich zeigte.

Ort	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859
Petersburg	—	—	4·3	2·1	3·1	3·1	3·1	3·1	—7·9	—1·9	—3·9	—1·9	—4·9	—	—	—
Bogoslowsk	—	—	—7·8	3·0	—1·8	—2·8	—0·8	7·2	0·2	1·2	6·2	—7·8	—1·8	—	—	—
Catherinenburg	—	—	7·5	5·5	—10·5	2 5	—3 5	22·5	1·5	—7·5	4·5	—14·5	—15·5	—	—	—
Slaatouste	—	—	9·2	—2 8	—0·8	—4·8	—6·8	9·2	8·2	0·2	4·2	0 2	—7·8	—	—	—
Gorki	—	—	—2·0	—2·0	—2 0	1·0	—2·0	7·0	—3·0	2·0	2·0	—	—	—	—	—
Barnaul	—	—	1·2	0 2	2·2	—14·8	4·2	1·2	9·1	—4·8	0·2	6·2	—4·8	—	—	—
Nertschinsk	—	—	—	1·6	—14·4	—3·4	—0·4	—1·6	—3·4	0·6	14·6	9·6	4·6	—	—	—
Lougan	—	—	—11·6	—1·6	—11·6	—3·6	13·4	4·4	8·2	—0·6	1·4	6·4	—4·6	—	—	—
Pekin	—	—	—1·4	—20·4	—17·4	—14·4	—8·4	9·6	0·6	21·6	10·6	18·6	—	—	—	—
Prag	5·7	2·7	—1·3	—9·3	—1 3	—0·3	4·7	—4·3	—	—	—	—	—	—	—	—
Krakau	11·0	8·0	2·6	1·6	0 6	—3·0	1·6	14·6	5·6	—	—	—	—	—	—	—
Trier	—2·2	3·8	—0·2	2·8	2·8	4·8	—2·2	—4·2	8·8	2·8	—0·2	4·8	—	—	—	—
Stuttgart	—5·3	—7·3	0·7	—4·3	—0·3	—9·3	—1·3	6·7	13·7	—6 3	—1·3	—	—	—	—	—
Wien	17·7	11·7	15·7	0·7	8·7	14 7	4·7	7·7	—0·3	—	—	—	—	—	—	—
München	3·5	10·4	4·4	—9·6	2·4	—5·6	—15·6	—7·6	—5 6	—0·6	—1·6	—3·6	8·4	13·4	5·4	11·4
Kremsmünster	—4·3	—1·3	1·0	0·0	2 0	—2·0	—4·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Salzburg	—11·0	—3·0	6·0	3·0	13 0	—7·0	—2·0	9·0	3·0	—	—	—	—	—	—	—
Hohenpeissenberg	0·0	—5·2	—2·2	1·8	7 8	—3·2	—20 2	—3·2	—0·2	—4·2	—11·2	—3·2	0·8	3·8	5·8	11·8
Triest	5·3	1·3	13·3	14·3	1·3	—3·7	—12·9	—9·7	—2·7	—	—	—	—	—	—	—
Brüssel	5·3	5·3	9·3	—0 7	—2·7	1 3	0 3	1·3	7 3	2·3	—2·7	—3·7	—	—	—	—
Mailand	—9·2	3·2	0·7	—4·3	—12·3	—4·3	0·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Können nun zwar die in der Tabelle enthaltenen Zahlen nicht dazu benützt werden, um daraus sichere säculare Perioden festzustellen, so kann man andererseits doch auch nicht in Abrede stellen, daß wenigstens für die meisten Orte sowohl die positiven Abweichungen als auch die negativen eine gewisse Dauer zu haben scheinen, indem im allgemeinen, wie aus den obigen Zahlen ersichtlich ist, eine Anzahl von aufeinander folgenden Jahren eine größere Zahl, eine weitere Reihe von Jahren andauernd eine geringere Anzahl von Gewittern als die normale, oder die mehrjährige zeigt. So sind z. B. für Petersburg die Abweichungen der Jahre 1846—1851 sämmtlich positiv, von 1852—1856 aber alle negativ. In ähnlicher Weise erscheint ein periodisches Auftreten oder Zurückbleiben der Gewitter aus den in systematischer Weise stattgehabten Aufzeichnungen für München und Hohenpeissenberg hervorzugehen.

Auch W. Holtz hat in seiner Schrift über die Zunahme der Blitzgefahr (1881) seine Aufmerksamkeit der Zu- oder Abnahme der Gewitter im Verlaufe einer größeren Anzahl von Jahren zugewandt. Zur Beantwortung der Frage, wie sich die Zu- oder Abnahme der Gewitter stellt, wenn sie nach dem ersten und letzten vierjährigen Mittel berechnet wird, hat Holtz nachstehende Tabelle entworfen.

Zu- oder Abnahme der Gewitter
nach dem ersten und letzten vierjährigen Mittel (das erste Mittel = 1 gesetzt).

Gebiet	seit 1854	seit 1862	seit 1870
Schleswig-Holstein	—	1·59	0·93
Hannover (Südost)	—	1·13	0·9
Landdrostei Stade	1·24	1·59	1·11
Landdrostei Aurich	—	—	1·11
Pommern	—	1·05	0·87
Rheinprovinz	1·07	1·25	1·03
Westphalen	1·14	1·5	1·1
Brandenburg	0·91	0·95	0,81
Provinz Sachsen	—	1·09	1·13
Posen	1	1·19	0·93
Schlesien	1·07	1·3	1·2
Hessen-Nassau	—	1·18	0·97
Baiern (diesf. d. Rheins)	1·08	1·06	1·07
Pfalz	—	—	0·95
Württemberg	1·08	1·23	1·03
Königreich Sachsen	0·87	1·19	0·95
Baden	—	—	0·95
Oldenburg	—	1·39	1·11
Sachsen-W.-G.-A.	—	1·09	1·13
Anhalt	—	—	1·13
Lippe	—	—	1·1

Gebiet	seit 1854	seit 1862	seit 1870
Westdeutschland	1·15	1·35	1·05
Ostdeutschland	0·97	1·15	0·88
Norddeutschland	1·1	1·31	0·97
Süddeutschland	1·04	1·21	1
Deutschland überhaupt	1·07	1·27	0·98
Oesterreich	0·88	0·79	0·97
Schweiz	—	1	1·03

Die Zunahme der Gewitter ist also seit 1854 für keines der angeführten Gebiete größer als von 1 auf 1·24 (Landdrostei Stade); in allen anderen Gebieten war hingegen die Zunahme viel geringer oder fand sogar eine entschiedene Abnahme statt (Brandenburg, Sachsen, Ostdeutschland, Oesterreich); für Deutschland überhaupt ergibt sich die geringe Zunahme von 1 auf 1·07. Seit 1862 stellt sich die Zunnahme im allgemeinen etwas größer, in Oesterreich aber allerdings auch die Abnahme bedeutender. Seit 1870 endlich tritt für Oesterrreich ebenso wie für Deutschland eine geringe Abnahme ein; gleichzeitig stellt sich für die Schweiz eine sehr unbedeutende Zunahme heraus.

Wir begnügen uns mit obigen Daten über die säculare Häufigkeit der Gewitter; so unvollständig dieselben auch sein mögen, so gestatten sie doch die Annahme säcularer Perioden. Die genauere Feststellung derselben, ebenso wie die Herstellung eines Zusammenhanges mit anderen Naturprocessen wird aber mit voller Aussicht auf sicheren Erfolg erst dann unternommen werden können, wenn uns ein viel größeres Beobachtungsmaterial vorliegen wird wie gegenwärtig.

III.

Erſcheinungen, welche mit dem Gewitter im Zuſammenhange ſtehen.

Die Entwicklung der atmoſphäriſchen Elektricität gelangt mitunter zu einer Stärke, welche zwar noch keine Blitze entſtehen läßt, wohl aber zu beſonderen Lichterſcheinungen und Erſcheinungen anderer Art Veranlaſſung gibt. Gewiſſe Zuſtände in der Atmoſphäre, wozu namentlich eine außergewöhnliche Trockenheit der Luft zu gehören ſcheint, ebenſo wie zufällige mehr oder minder vollkommene Iſolirung bewirken zuweilen Erſcheinungen, die unter normalen Verhältniſſen nicht beobachtet werden können. Dahin gehört z. B. das Auftreten ungewöhnlich ſtarker elektriſcher Spannungen bei gewiſſen Fabriksbetrieben (Müllereien, Tuchfabriken u. ſ. w.), welches ſich mitunter ſogar zu feuergefährlicher Funkenbildung ſteigern kann.

Eine ſolche lebhafte, bis zur Funkenbildung geſteigerte Elektricitätsentwicklung wurde, um nur ein Beiſpiel anzuführen, im Sommer 1887 an zwei ſehr trockenen Tagen in der Buchdruckerei von Wallan zu Mainz beobachtet. Man konnte mit der Hand Funken von mehreren Centimetern Länge aus allen Theilen der verſchiedenen Maſchinen ziehen.

Das Papier in der Preſſe entwickelte, während die Maſchinen arbeiteten, Funken, welche in einem beſtimmten Momente ſo ſtark wurden, daß die Arbeiter ſich weigerten, weiter zu arbeiten, weil ſie ſich den Maſchinen gar nicht nähern konnten, ohne das Ueberſpringen von Funken zu veranlaſſen. Die Buchdruckerei arbeitet ſchon mehrere Jahre, ohne daß jemals ähnliche Erſcheinungen beobachtet worden wären; man ſchreibt dieſe dem Umſtande zu, daß der ganze Fabriksraum mit einem Aſphaltpflaſter verſehen iſt, wodurch eine Art Iſolirung

der Maschinen von der Erde zustande kam. Nach Ablauf von zwei Tagen waren inzwischen alle elektrischen Erscheinungen wieder verschwunden und sind seither nicht wieder eingetreten.

Handelt es sich in dem eben erzählten Falle strenge genommen eigentlich nicht um atmosphärische, d. h. durch natürliche Processe hervorgerufene Elektricität, sondern um elektrische Funken, welche unter besonders günstigen atmosphärischen Verhältnissen bei künstlichen (maschinellen) Reibungsprocessen erzeugt wurden, so sind doch auch jene Fälle nicht allzu selten, in welchen Lichterscheinungen elektrischer Natur eintreten, deren Entstehen ausschließlich auf natürliche Vorgänge zurückzuführen ist. Diese Lichterscheinungen nehmen im Wesentlichen zweierlei Formen an, nämlich die des elektrischen Funkens und jene der mehr oder weniger büschelförmigen Ausstrahlung (vergl. S. 66 u. f.). Der natürlichen Elektricität (atmosphärischen und Gewitterelektricität) werden ferner auch noch gewisse elektrische, mechanische und akustische Wirkungen zugeschrieben und ebenso hat man die Entstehung des Hagels als innig verbunden mit dem Auftreten der Gewitterelektricität betrachtet. Wenden wir zunächst den Lichterscheinungen unsere Aufmerksamkeit zu.

1. Elmsfeuer und elektrische Lichterscheinungen überhaupt.

Es tritt nicht selten der Fall ein, daß man an den Instrumenten und Apparaten, welche in den Observatorien zur Messung und Registrirung der atmosphärischen Elektricität Verwendung finden, Funkenbildung beobachtet. Das Auftreten elektrischer Funken als Wirkung der atmosphärischen Elektricität ist aber überhaupt sowohl in älterer als auch in neuerer Zeit wiederholt beobachtet worden; nachstehend einige Beispiele.

Ein in London erscheinendes Fachblatt (»Electrical Review«) berichtet über eigenthümliche Erscheinungen, welche während eines Gewitters am 7. August 1886 auf Lone Mountain in Montana, U. S. A. beobachtet wurden, einem Berge von 11.000 Fuß Höhe, welcher durch Senkungen von dem Hauptgebirge getrennt ist. Man beabsichtigte daselbst eine topographische Station zu errichten. Nach einem klaren Morgen zog, wie üblich, um 2 Uhr ein Gewitter heran; ein eigenes Summen schien von den Instrumenten und bald von dem ganzen Berge auszugehen, Funken knisterten in den Haaren der beiden Beobachter und besonders an einer Stelle ihrer Köpfe, wo die Haare, nachdem die Hüte abgezogen waren, buchstäblich zu Berge standen. Beim Berühren des Arbeitstisches erhielten sie kräftige Schläge. Die beiden gingen etwa 100 Ellen bergab, d. h. vertical etwa 50 Fuß tiefer und warfen sich platt auf die Erde; hier hatten sie nichts zu leiden, so lange sie nicht etwa Arme u. s. w. nach

oben ausstreckten. Unter Regen und Hagel dauerte dies etwa eine halbe Stunde. Die Blitze, welche nach der zwischen Blitz und Donner verflossenen Zeit zu urtheilen etwa $1^1/_2$ Meilen weit entfernt überzuschlagen schienen, gingen zum größten Theile von Wolke zu Wolke.

In Poggendorff's Annalen erzählt Siemens über auffallend starke elektrische Erscheinungen, welche er auf der Cheopspyramide bei Cairo während des Wehens des Chamsin wahrzunehmen Gelegenheit hatte, folgendes: Am 14. April 1859 verließ Siemens früh Morgens Cairo bei heiterem Himmel; nur eine leichte blaßrothe Färbung am südwestlichen Horizont beunruhigte seinen Eseltreiber. Als die Gesellschaft gegen 10 Uhr Morgens den Gipfel der Pyramide erreicht hatte, war die Trübung des südwestlichen Horizonts in eine fast bis zum Zenith ausgedehnte farblose Trübung übergegangen. Der aufgewirbelte Wüstenstaub, welcher die Ebene bereits mit einem undurchsichtigen gelben Schleier bedeckte, stieg allmählich höher und höher an der Pyramide empor. Als er auch die höchsten Stufen derselben erreicht hatte, vernahm man ein sausendes Geräusch. Als Siemens auf den höchsten Punkt der Pyramide stieg und den Zeigefinger in die Höhe hielt, ließ sich ein eigenthümlich zischender Ton hören, wobei ein leises Prickeln der dem Winde entgegengesetzten Hautfläche des Fingers bemerkbar wurde.

Als Siemens eine gefüllte Weinflasche, deren Kopf mit Stanniol bekleidet war, emporhielt, hörte er denselben singenden Ton wie beim Aufheben des Fingers. Während dessen sprangen von der Etiquette fortwährend Funken zu der die Flasche haltenden Hand über, und als Siemens den Kopf der Flasche mit der anderen Hand berührte, erhielt er einen kräftigen elektrischen Schlag, während ein glänzender elektrischer Funke vom Kopfe der Flasche auf die ihn berührende Hand überging. Offenbar bildete die Flüssigkeit in der Flasche, welche durch den feuchten Kork mit der Metallbelegung des Flaschenkopfes in leitender Verbindung stand, die innere Belegung einer Leydenerflasche, während Etiquette und Hand die abgeleitete äußere vertraten. Als die äußere Belegung der Flasche durch Umwicklung der letzteren mit angefeuchtetem Papier vervollständigt worden war, gab sie bei einer Schlagweite von 10 Millimeter so kräftige Schläge, daß ein Araber, welcher Siemens Hand ergriffen hatte, wie vom Blitze getroffen zu Boden fiel, als Siemens die Flasche der Nase des Arabers genähert hatte. Mit lautem Geheul sprang dieser alsbald wieder auf, um mit mächtigen Sprüngen zu entfliehen.

Als sich Siemens auf einen aus Flaschen improvisirten Isolirschemel von der Steinmasse der Pyramide isolirte, hörte das sausende Geräusch beim Emporheben des ausgestreckten Fingers nach kurzer Zeit auf. Er konnte jetzt seinem Gefährten durch Näherung der Hand Funken ertheilen und empfand

eine gelinde Erschütterung, als er den Boden berührte. Die Art der Elektricität ließ sich nicht feststellen. Sämmtliche Erscheinungen waren nur an der Spitze der Pyramide wahrnehmbar, wurden schon einige Stufen tiefer sehr schwach und in der Ebene ganz unnachweisbar, obgleich der Wind in gleicher Kraft fortwehte.

Siemens gab für die beschriebenen Erscheinungen folgende Erklärung: Da die elektrischen Erscheinungen erst dann bemerkbar wurden, als der Wüstenstaub die Spitze der Pyramide erreichte, so muß er auch als der Träger und wahrscheinlich auch als die Ursache der Elektricität betrachtet werden. Nimmt man an, daß die vom Winde gepeitschten Staubtheilchen und Sandkörnchen durch die Reibung mit der trockenen Oberfläche des Bodens elektrisch geworden waren, so müßte jedes elektrische Körnchen eine Belegung eines elektrischen Ansammlungsapparates bilden, dessen andere der Erdkörper selbst war, während die zwischen beiden befindliche Luft das die beiden Belegungen trennende isolirende Medium vertrat. Durch die aufsteigende Bewegung der Sandkörnchen war nun die isolirende Schichte verstärkt, die Schlagweite alle der kleinen geladenen Flaschen mußte mithin zunehmen und in einer Höhe von etwa 500 Fuß über dem Boden beträchtlich größer sein als in seiner unmittelbaren Nähe. Der Elektricität der gewaltigen elektrischen Staubwolke, welche über dem Erdboden lagerte, stand eine gleich große Quantität entgegengesetzter Elektricität der Erdoberfläche gegenüber. Die leitende Pyramide mußte nun einen sehr bedeutend verdichtenden Einfluß auf die Elektricität der Erdoberfläche ausüben, da sie als kolossale Spitze zu betrachten ist. Es kann daher nicht überraschen, daß der elektrische Unterschied zwischen den auf dem Gipfel befindlichen höchsten und feinsten Spitzen wie dem aufgehobenen Finger oder Flaschenkopf, und den Staubkörnchen so groß war, daß zahllose kleinere Funken zwischen ihnen übersprangen, während in der Ebene gar keine Elektricität wahrzunehmen war.

Auch L. Amat hat in der Wüste die Bildung elektrischer Funken häufig beobachtet. Er erzählt, daß die elektrischen Erscheinungen, welche man in tropischen Gegenden beim Streichen der Haare der Thiere erhält, sehr bemerkenswert sind. In der Sahara (gegen den 35. Breitegrad) genügte bereits das Durchziehen eines Kammes durch Haare oder Bart, um Funken von 5—7 Centimeter Länge zu erhalten. Am auffälligsten waren diese Erscheinungen bei trockenem, warmem Wetter von 7—9 Uhr Abends, und zwar an Pferden. Die Schweifhaare waren, infolge der gegenseitigen Abstoßungen, häufig förmlich fächerartig ausgebreitet und gaben am Tage sichtbare Funken.

Nach Livingstone ist, wie H. J. Klein berichtet, die Luft in Südafrika, wenn zur trockenen Jahreszeit der Wind über die heiße Kalahari-Wüste weht, so ungemein stark elektrisch, daß ein Bündel Straußenfedern, welche

man dem Winde wenige Secunden entgegenhält, so stark geladen wird, wie wenn es an einer kräftigen Elektrisirmaschine angebracht wäre. Bei der geringsten Bewegung einer Person fahren elektrische Funken aus ihr hervor, und wo das Gewand nur eine unbeträchtliche Reibung erleidet, beginnt es zu leuchten.

Als Sauſſure und Jallabert auf einem hohen Gipfel der Alpen von einem Gewitter überrascht wurden, sahen sie aus ihren Fingern Funken ausfahren, wenn sie den Arm ausstreckten. Stärker wurden diese Erscheinungen an dem metallenen Hutknopfe Jallabert's wahrgenommen. Sie empfanden auch dasselbe Gefühl, als ob elektrische Funken aus dem Körper gezogen würden. Die Erscheinung dauerte während des Gewitters durch eine Viertelstunde an. Als Lieutenant Lédinghen in Algerien am 7. August 1840 von Blida nach Douéra ritt, bemerkte er während des Gewittersturmes reichliche Funken aus den Metallfransen seiner Epaulette aussprühen.

Wir begnügen uns mit diesen Beispielen von Funkenbildung durch atmosphärische Elektricität und wollen uns nunmehr jenen Lichterscheinungen zuwenden, welche analog den elektrischen Lichtbüscheln sind, die beim Ausströmen von Elektricität entstehen.

Gewitterhafte Zustände der Atmosphäre veranlassen nicht selten ein Leuchten hervorragender Theile hochgelegener Objecte und zwar namentlich dann, wenn diese Elektricitätsleiter sind. Derartige Erscheinungen bezeichnet man gegenwärtig mit dem Namen St. Elmsfeuer; St. Nikolaus, St. Clara, oder St. Helena sind in einigen Theilen des Mittelländischen Meeres hierfür gebräuchliche Bezeichnungen, Corpo-Santo bei den Portugiesen und Comazants bei den Engländern üblich. Daß das Elmsfeuer schon seit den ältesten Zeiten, aus welchen überhaupt Nachrichten auf uns gekommen sind, beobachtet wurde, ist bereits in der historischen Einleitung (S. 110) erwähnt worden. Es liegen jedoch auch aus neuerer und neuester Zeit zahlreiche Beobachtungen über derartige oft sehr merkwürdige Erscheinungen vor, von welchen einige nachstehend mitgetheilt werden mögen.

F. A. Graf Brandis erzählt in seinem Werke: »Des tirolischen Adlers immergrünendes Ehren-Kräntzel« auf Grund einer alten, nicht näher bezeichneten Handschrift, es sei im Jahre 939 unter Konrad I., Bischof von Triest, in dem Berge bei Castellfeder unter uraltem Mauerwerk von ungefähr ein Gewölbe entdeckt und in demselben seien etliche verweste menschliche Körper gefunden worden, welche einen überaus lieblichen Geruch von sich gegeben; nachdem nun diese Gebeine ohne alle Ehrerbietung erhoben und in ungeweihte Erde vergraben worden, seien auf der Capelle zu Castellfeder drei helle Flämmchen (»Lichter«) erschienen, welche von dannen auf den Kirchthurm zu Tramin

geflogen, und dies geschehe, wie man allgemein sagt, auch noch jetzt, wann sich ein gefährliches Ungewitter am Himmel zeigt.

Lichtenberg beobachtete im August 1768 ein Elmsfeuer auf dem St. Jacobsthurme in Göttingen, Mongez am 27. Januar 1778 leuchtende Strahlenbüschel auf mehreren der höchsten Punkte der Stadt Rouen, als ein heftiges Gewitter mit Regen und Hagel niederging, Sauvan sah in der stürmischen Nacht vom 22. Juli 1783 eine Lichtkrone um die Kugel des Kirchthurmes des Grands-Augustins in Avignon und der Pfarrer Biron zu Plaucet in Frankreich behauptet, bei schweren Gewittern in 27 aufeinanderfolgenden Jahren die drei Spitzen des Kreuzes auf dem Kirchthurme des Ortes feurig erblickt zu haben.

Aehnliche Beobachtungen wurden auch von Reimarus erzählt. An dem Peterthurme zu Nordhausen, der auf einem hohen, über die höchsten Gebäude der Stadt hervorragenden Berge steht, wurden am 2. Februar 1749, Abends 6 Uhr, bei starkem Sturme aus Nord-Nord-West und Schneefall bläuliche, 4 Centimeter hohe und 1 Centimeter breite Flammen an den eisernen Stangen der den Thurm umgebenden, 112 Fuß vom Boden entfernten Gallerie wahrgenommen. Dieses Licht verbreitete ein summendes Geräusch, zeigte aber keine Wärmewirkungen, und wurde vom Winde nicht beeinflußt. Schon im Jahre 1747 wurde während eines starken Gewitters eine ähnliche Erscheinung an einer Stange der Gallerie auf der südwestlichen Ecke wahrgenommen. Ungefähr 12 Jahre später wurde der Thurm von einem Blitzschlage getroffen und dabei der Knopf von der obersten Spitze abgeschlagen.

Bei einem kräftigen Gewittersturme sah man im Jahre 1770 auf dem Thurme zu Hohen-Gebrachim (bei Regensburg) einen hellen Feuerbusch. Einige Personen liefen herbei, um das vermeintliche Feuer zu löschen, als jeder auf dem Kopfe seiner Nachbarn einen hellen Feuerschein bemerkte. Die Flamme am Thurme nahm an Größe zu und schien über das ganze Thurmkreuz sich zu erstrecken. Nachdem es eine Stunde gedauert hatte, verschwand es plötzlich, und gleichzeitig erfolgte ein Blitzschlag gegen einen Baum, der in einem benachbarten Garten stand.

Aus Salzburg wird in den »Wiener meteorologischen Jahrbüchern« folgendes Ereigniß erzählt: Am 28. Februar 1852 um 8 Uhr Abends wurde gegen Westen ein fernes, heftiges Gewitter mit Blitz und Donner und so auffallendem Elmsfeuer beobachtet, daß die Leute in dem vier Stunden weit entfernten Teisendorf vor Schreck, es brenne die Kirchthurmspitze, den Thurm abzutragen sich anschickten und erst ihren Irrthum einsahen, als man den Kirchthurm bestieg.

Prohaska erstattet aus Prag über Elmsfeuer nachstehenden Bericht (»Meteorologische Zeitschrift 1886«).

Am 8. Juni Abends, kurz vor 10 Uhr, hatte ich Gelegenheit, ein Elmsfeuer zu beobachten, welches sich während eines heftigen Regens zeigte, der ohne vernehmbaren Donner sich über die Stadt ergoß; wohl aber wurde einige Stunden vorher ein Gewitter verzeichnet. Das Elmsfeuer zeigte sich in Gestalt einer spitzkegelförmigen Flamme, die über der Spitze des Thurmkreuzes an der Marienkirche weithin sichtbar war. Die Flamme leuchtete ruhig mit auffällig rothem Lichte, erreichte eine Höhe von mindestens einem halben Meter, verkürzte sich zeitweise und verschwand ganz plötzlich. Weiteres zu beobachten war der ziemlich großen Entfernung wegen nicht möglich.

Kriebernig, Beobachter in Brückl (Kärnten) erzählt wie folgt. Kurz vor dem am 2. Juni beiläufig 3 bis 4 Kilometer entfernten Gewitter (um 6 Uhr 13 Min. Nm.) war auf der etwa 40 Meter hohen Kirchthurmspitze, welche zugleich als Auffangstange für den Blitzableiter dient, an dessen Kreuz ein zuerst ruhiges, blaßviolettes, apfelförmiges, nicht besonders stark leuchtendes Flämmchen sichtbar, welches nach Verlauf von 9 Minuten immer höher wurde, endlich in eine armhohe stark flackernde Flamme überging und immer heller und weißer leuchtete. In der Mitte derselben war ein fast dunkelrother Kern sichtbar, der nach einigen Secunden wieder verschwand. Ein Geräusch war nicht hörbar, oder konnte der Entfernung des Beobachters und des Windes wegen nicht gehört werden. Bei jedem, wenn auch entfernten Blitzschlage, schlug die Flamme nach unten um und kehrte nur langsam wieder in ihre vorige Lage zurück. Ein heftiger Blitzschlag in die Spitze, wobei die ganze Ableitung zu glühen schien, endete das schöne Schauspiel. Kleine Elmsfeuer sind öfters auch an den in der Umgebung von Brückl befindlichen Auffangstangen bemerkt worden, ja am 13. August 1883 sogar an einem Strohdachgiebel.

Ueber diese Erscheinung konnte ich folgendes in Erfahrung bringen. Zwischen 8 und 9 Uhr am Abend des bezeichneten Tages wurde am Giebel eines mit Stroh gedeckten »Stadels«, des vulgo Pobaschnig am Johannserberg unterhalb des Grabuschgupfes, in einer Meereshöhe von beiläufig 1000 Meter, bei Brückl in Kärnten eine Flamme bemerkt. Diese soll der Gasflamme eines großen Flachbrenners ähnlich und von weißer Farbe gewesen sein, auch habe sie stark geflackert. Die Hausleute, darauf aufmerksam gemacht, meinten, es sei im Stadel Feuer ausgebrochen, eilten mit Leitern herbei, um das Feuer zu löschen. Als aber der eine Knecht in die Nähe kam und seine Hand nur etwa 3 Decimeter von der Flamme entfernt war, erlosch sie mit einem heftigen Knall, wobei der Knecht einen starken, empfindlichen Ruck in den

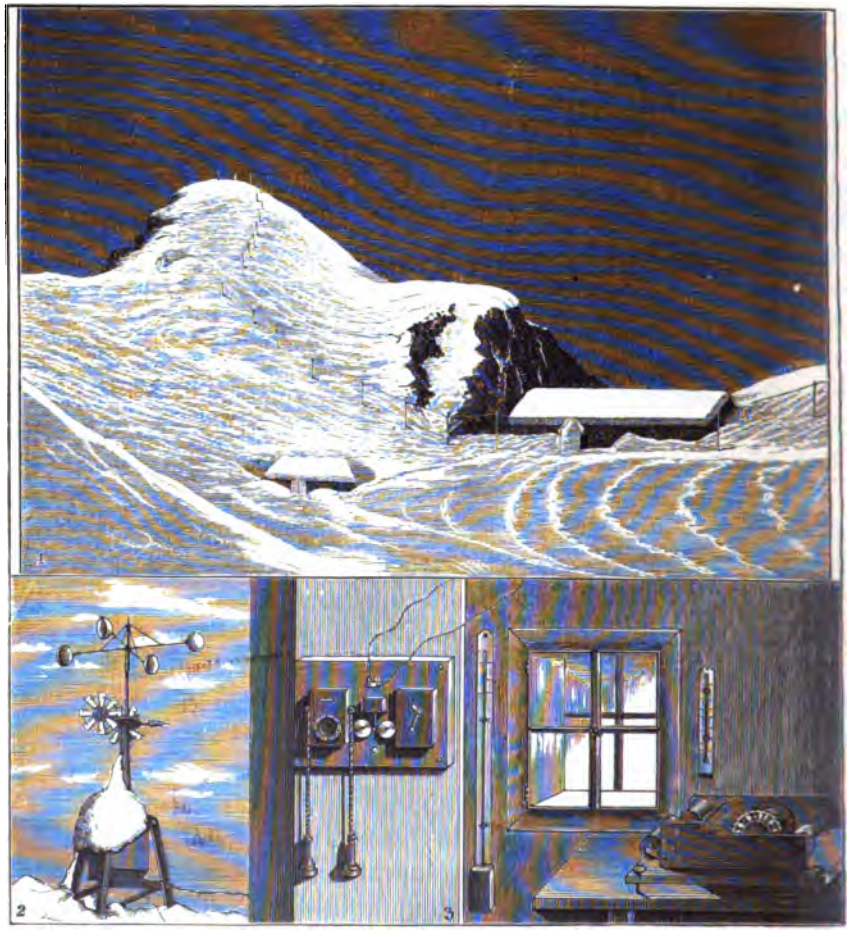
Arm, besonders am Ellbogen fühlte. Es fiel ihm auf, daß an der Stelle, wo die Flamme zuvor sichtbar war, weder verkohlte Strohhalme, noch Asche waren; er hielt daher die Flamme für einen »zurückgehaltenen« Blitz, umsomehr, als gleichzeitig in Nordosten und Osten ein fernes Gewitter stand und Wetterleuchten stattfand. — Am 29. Juni 1885 schlug der Blitz in dieses Gebäude und äscherte es ein.

Auf dem 2140 Meter hohen Hochobir (in der Karawankenkette) befindet sich eine meteorologische Beobachtungsstation (Fig. 117), welche durch eine Telephonleitung mit der Telegraphenstation des Ortes Eisenkappel in Verbindung steht. Die Station wurde nach und nach mit allen nothwendigen selbstregistrirenden Apparaten ausgerüstet; so erhielt sie z. B. einen Barographen im Jahre 1880, einen Thermographen im Jahre 1881. Die Telephonverbindung gestattet dem Beobachter, welcher Winter und Sommer auf dem Gipfel des Berges ausharrt, eine regelmäßige Berichterstattung an die meteorologischen Anstalten in Klagenfurt und Wien.

Der gegenwärtige Beobachter Pissonitz hatte nun Gelegenheit, auch ein Elmsfeuer zu beobachten und berichtete hierüber folgendes: »Am 11. October 1884 des Abends hatte ich den Anblick einer seltenen Naturerscheinung. Nachdem seit 48 Stunden heftiger Sturm aus Südwest gewüthet hatte, ließ derselbe um 8 Uhr Abends plötzlich nach. Fünfzehn Minuten später beobachtete ich das Herannahen eines Gewitters mit heftigen Blitzen, und ich trat deshalb vor das Schutzhaus. Dasselbe war bei schwachem Nordwestwinde von Nebel eingehüllt. Da bemerkte ich an den beiden vor dem Hause aufgestellten Windfahnen weiß leuchtende Flämmchen, welche an den Spitzen der von Nord- nach Südwest gerichteten Windzeiger leuchteten. Sie hatten eine horizontale Richtung. Später leuchtete auch auf der Spitze der eisernen Windfahne ein verticales Flämmchen; da die eine hölzerne Windfahne nur 2·3 Meter hoch ist, so griff ich mit der Hand nach einem Flämmchen; dasselbe erlosch infolge dessen sogleich, begann aber wieder zu leuchten, sobald ich meine Hand entfernt hatte. Mich gegen Osten wendend sah ich den gegen Eisenkappel führenden Draht der Telephonleitung in weißblauem Lichte glühen, während auf jeder Leitungsstange auf dem Isolator ein leuchtendes Flämmchen, gleich einem leuchtenden Sterne sichtbar war. Wegen des herrschenden Nebels konnte ich dieses Phänomen nur auf drei Stangen, etwa 60 Meter weit, beobachten. Um $9^1/_2$ Uhr glühte nur mehr auf der Spitze der einen Windfahne ein Flämmchen, welches um $9^3/_4$ Uhr ebenfalls erlosch. Während der ganzen Dauer der Erscheinung war im Westen Gewitter mit Blitz und schwachem, kaum hörbarem Donner, auf dem Obir heftiger Schneefall, vermischt mit trockenen Eisnadeln. Der Thermometerstand betrug —5·2 Grad Celsius, der

Barometerſtand 578 Millimeter, d. i. 6 Millimeter unter dem normalen Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit 100 Percent.«

Fig. 117.



Die meteorologiſche Beobachtungsſtation Hochobir im Winter.
(Nach einer Handzeichnung von J. Perger in Koppel.)

1. Touriſtenhaus (Station 2047 Meter) und Gipfel des Obir (2140 Meter).
2. Anemometer auf dem Gipfel des Obir.
3. Zimmer im Berghaus (Telephon und ſelbſtregiſtrirendes Barometer Holtinger).

Auch auf der Schneekoppe im Rieſengebirge bot ſich wiederholt Gelegenheit dar, Lichterſcheinungen zu beobachten, welche durch atmoſphäriſche Elektricität hervorgerufen wurden.

Zieht ein Gewitter, heißt es in dem bereits wiederholt (S. 220 u. 257) erwähnten Berichte, im Dunkeln über die Koppe, so wird die ausgleichende Wirkung der Blitzableiter stets in Lichtbüscheln sichtbar, welche sich an den Spitzen der oberen Auffangstangen sowohl der österreichischen als der preußischen Baude bilden, während die acht übrigen niedrigeren Spitzen nicht zu leuchten pflegen. Das Leuchten dauert meistens so lange, als das Gewitter über der Koppe steht. Am Tage könnte man vielleicht die Lichtbüsche durch Photographie sichtbar machen, wenigstens erzählte der Berliner Hofphotograph H. Günther, derselbe, der vor einer Reihe von Jahren mit Dove zusammen von dem Dache der Berliner Sternwarte aus als der Erste einen Blitz photographirt hat, daß er beim Herannahen eines Gewitters eine Statue mit einer Lanze aufgenommen habe, worauf beim Entwickeln des Bildes an der Lanzenspitze ein Strahlenbüschel zum Vorschein gekommen sei, das seiner Meinung nach unmöglich von einer Verunreinigung der Platte herrühren konnte. Bei Gewittern unterhalb der Koppe ist ein Leuchten der Ableiterspitzen bisher noch nicht beobachtet worden.

Ausgesprochene St. Elmsfeuer sind bisher nur zwei auf der Koppe beobachtet worden, und zwar das erste am 23. Juli 1863 von Sadebeck, der darüber folgendes berichtet: Es war Nachmittags ganz trübe geworden, und eine dunkle Wolkenwand im Westen verkündete ein Gewitter. In der That kam dasselbe immer näher heran, ging aber bei der Koppe vorüber. Infolge des elektrischen Zustandes in der Atmosphäre zeigte sich Abends gegen 9 Uhr auf dem Gipfel des steinernen Kreuzes*) auf der Capelle das St. Elmsfeuer in Gestalt eines blauen Flämmchens. Etwa eine Viertelstunde lang konnten wir uns am Anblick dieses interessanten Phänomens erfreuen, welches bisher noch von niemandem auf der Koppe beobachtet worden war.

Das zweite Elmsfeuer erschien nach Angabe des Koppenwirthes Pohl am Abend des 17. Juli 1880, während ein Gewitter, das jedoch schon im Abnehmen begriffen war, am Fuße des Koppenkegels den Melzergrund ausfüllte und sich über Krummhübel hinaus erstreckte, auf dem Eckpfeiler des 105 Centimeter hohen eisernen Zaunes, der nach dem Melzergrunde zu die preußischen Baude umgibt, in Gestalt einer zwei bis drei Zoll hohen, unten bläulichen und fortwährend spritzelnden Flamme, einer Gasflamme ähnlich. Unter »spritzeln« versteht Pohl, daß sich kleine Flammentheile, wie Stecknadelköpfe groß, von dem Elmsfeuer loslösten und verschwanden. Pohl sowie mehrere Touristen haben wiederholt mit den Fingern in demselben herumgerührt, ohne etwas zu fühlen oder zu hören, wobei es wie eine Flamme sich hin- und

*) Das Kreuz ist aus Holz und mit Cement überzogen.

herbog. Es dauerte eine Viertelstunde und verschwand plötzlich. Nach der wiederholten Versicherung Pohl's war es auf der Koppe windstill und der Himmel über ihr völlig heiter und sternenklar. Der mit regelmäßigen meteorologischen Beobachtungen betraute Telegraphist Kirchenschlaeger schrieb hierüber: Die eiserne Zaunspitze brannte roth und grün, die Erscheinung war nach einem Gewitter.

Das Elmsfeuer tritt jedoch nicht nur auf den Spitzen der Kirchthürme und auf den Gipfeln hoher Berge auf, sondern wird auch anderweitig beobachtet. H. J. Klein hat eine größere Anzahl derartiger Beobachtungen gesammelt und mögen nachstehend einige Beispiele aus dieser Sammlung mitgetheilt werden.

Hiernach berichtet Burchell in seinen »Reisen in Südafrika« über eine Erscheinung dieser Art. Als ich, sagt der Reisende, eines Abends von einem Besuche zurückkehrte, den ich den Missionären gemacht hatte, und über eine Wiese ging, bemerkte ich ein elektrisches Phänomen, das ich nur ein einziges Mal in meinem Leben sah. Von jeder Himmelsgegend schienen Blitze auszugehen, die aufeinander in sehr kurzen Zwischenräumen, ohne Donner folgten. Alles rings umher war still und nur einzelne schwere Regentropfen entfielen einigen außerordentlich dichten und schwarzen Wolken. Plötzlich erblindete ich fast von einem glänzenden Schimmer, der vom Zenith herabgefahren zu sein schien und einen Augenblick lang schien jeder Grashalm, 15 Fuß im Umkreise, durch die elektrische Materie entzündet zu sein. Keine Explosion fand statt, nicht das mindeste Geräusch ließ sich hören, und das Phänomen äußerte seine Wirkung auf durchaus keine andere Weise. Alles blieb ruhig, und ich setzte meinen Weg fort, ohne daß die Erscheinung sich von Neuem gezeigt hätte. Das grobe Gras hatte an jener Stelle einen Fuß Höhe, und jeder Halm, sowie jedes Blatt war stark erleuchtet, oder schien vielmehr zu brennen; doch weiter als 15 Fuß konnte ich diese Erscheinung nicht wahrnehmen.

Auch an Bäumen sind elektrische Lichterscheinungen nicht allzu selten beobachtet worden. So erwähnt Karl Meyer, daß in Californien die Luft in schwülen, trockenen Sommermonaten so elektrisch wird, daß die Bäume zu knistern anfangen, in der Tiefe des Waldes ein bleicher Schein gespenstisch durch die Bäume huscht, während die Nadelhölzer einen starken, eigenthümlichen Harzgeruch aushauchen. Diese Erscheinung wiederholt sich einige Male, wird aber immer schwächer und gleicht zuletzt nur einem matt durchdringenden Mondstrahle. So auffallend dieses Phänomen auch immerhin sein mag, so scheint doch der Umstand für die Richtigkeit der Angaben zu sprechen, daß etwas Analoges auch in Europa am 11. August 1854 bemerkt wurde. In jener Nacht beobachtete H. Blackwall an den Felsen der Grands-Mulets

(Montblanc) eine eigenthümliche Erleuchtung, die weder durch den Mond, noch durch künstliches Licht hervorgebracht sein konnte.

Im November 1856 wurde, wie H. J. Klein berichtet, Kleefeld (in einer hochgelegenen, bergigen, theilweise mit Wäldern bedeckten, öden Gegend in der Nähe von Danzig) von einem der in den Küstengegenden nicht selten vorkommenden starken Nebelregen überrascht. Gegen 6½ Uhr Abends brach ein furchtbarer Sturm mit Hagel und heftigem Regen los, infolge dessen eine vollkommene Finsterniß eintrat. Nach Verlauf einer Viertelstunde, bemerkte der Beobachter, daß eine am Wege stehende Esche in brillantem Feuerschmuck aus der Dunkelheit hervortrat. Jede Spitze und jede Ecke der Reiser trug ein kleines Flämmchen von geringer Intensität; allein das Zusammenwirken der sehr großen Anzahl derselben brachte einen solchen Lichtschein hervor, daß man den Weg ganz gut wieder erkennen konnte. Das Phänomen dauerte nur etwa drei Minuten und trat in ganz ähnlicher Weise auch an einem zwei Meilen entfernten Orte auf. Kurz darauf legte sich der Sturm und der Himmel heiterte sich wieder auf.

Auf dem Wege von Nienburg nach Lahr wurde in der Nacht vom 29. zum 30. Januar 1868 eine Anzahl von Elmsfeuern gesehen. Der Beobachter sah, in Lemke angekommen, den Weg, der von hier nach Lahr führt und etwa 10 Minuten lang ist, hell erleuchtet. Auf allen Zweigen der die Straße begleitenden Eschenbäume zeigten sich kleine blaue Flämmchen. Der Beobachter versuchte einzelne derselben auszulöschen, was ihm jedoch nicht gelingen wollte. Das Phänomen verbreitete eine Helligkeit, wie beim Mondscheine. Während desselben war in der Ferne starkes Wetterleuchten. Das Terrain in der Nähe des Weges besteht aus sumpfigen Wiesen, auf denen sich häufig Irrlichter zeigen sollen, die jedoch an jenem Abende nicht zu sehen waren.

Besonders merkwürdig ist, der langen Dauer der Erscheinung wegen, nachstehende Beobachtung. Sie wurde in der Nacht von 2. zum 3. April 1864 in der hochgelegenen Gegend von Prümm in der Eifel gemacht, während bei starkem Nordwestwinde Schnee und Hagel fiel. Der Beobachter war gegen 8½ Uhr Abends von Lünebach abgegangen und auf der Reise von Lünebach über Schloßhecke nach Prümm begriffen, als ihn dieses Wetter mit so außerordentlichem Ungestüme überfiel, daß Gefahr vorhanden war, den Weg zu verfehlen. Aber auf halber Höhe zur Schloßhecke angelangt, zeigten sich plötzlich an allen Zweigen der Chaussеebäume gleichsam feurige Blätter, die wie Irrlichter leuchteten. Es dauerte diese Erscheinung über 40 Minuten, bis zur Höhe der Schloßhecke, wobei der Weg nicht zu verfehlen war. Wurde der Reisestock in die Höhe gehalten, so leuchtete auch dessen Spitze auf etwa

8 Centimeter Länge und diente gleichsam als Fackel. Beim Emporheben der mit schwarzem Glacéhandschuh versehenen Hand, leuchteten auch die Fingerspitzen gleich glühenden Kohlen.

Ueber ein ausgezeichnetes Beispiel eines Elmsfeuers auf Bäumen berichtet die Zeitschrift »La lumière électrique« (vom 1 Mai 1880). Diese Erscheinung wurde im Jura gesehen, zu Saint Cergues, wo ein ganzer Fichtenwald sich mit Licht bedeckte, wie ein phosphorescirendes Meer in den Tropen. Ein Sturm erhob sich in diesem Momente, und bei jedem Blitze verschwand das Licht augenblicklich, um wieder zu erscheinen vor dem Eintritte des nächsten Blitzes. Vor der Erscheinung dieses Elmsfeuers war ein starker Regen gefallen und hatte den Wald durchnäßt, wodurch er zu einem guten Elektricitätsleiter wurde.

In dem bereits weiter oben (S. 326) erwähnten Berichte Prohaska's wird auch nachstehendes erzählt: Am 11. Juni 1886 ging ich nach einem Gewitter von dem südöstlich von Brückl gelegenen Orte St. Filippen nach Haus und blickte unwillkürlich nach dem östlich vor mir liegenden 1215 Meter hohen Grabuschgupf, über dessen westlichen Abhang beiläufig 150 Meter unter dem Scheitel sich ein langer schmaler Nebelstreifen dahinzog. Als derselbe über die noch mit alten, hohen Bäumen bewachsene Stelle zu stehen kam, fuhren zuerst einzelne, und nach Verlauf von 2 Minuten Millionen weißer, lichter Funken scheinbar aus den Baumspitzen fast senkrecht in den Nebel, welcher darauf rasch verschwand. Dabei war der Berg wie beim Alpenglühen anzusehen. — Eine ähnliche Erscheinung soll vor 14 Jahren am gegenüberliegenden Mathegupf, als er noch dicht bewaldet war, nach einem Gewitter zu sehen gewesen sein.

Aßmann erzählt über ein exquisites St. Elmsfeuer, welches am 20. November 1883 in Früstedt bei Taevenitz in der Altmark beobachtet wurde, folgendes: Mein Beobachter berichtet, daß er Abends, in einem Wagen über Land fahrend, die Zweige der Bäume und Büsche mit Strahlenbüscheln besetzt gesehen habe, daß aus seinem Regenschirme gleichfalls starke elektrische Ausstrahlungen stattgefunden haben, daß ferner an der Spitze eines jeden Haares seines hochgeschlagenen Pelzkragens ein weißgelbes Fünkchen sichtbar gewesen sei. Wetterleuchten sei in Pausen von 5 bis 10 Minuten in außergewöhnlicher Stärke und zwar scheinbar nicht in den Wolken, sondern in der ihn umgebenden Luft selbst erfolgt. Das seltene Phänomen fiel zusammen mit weitverbreitetem Wetterleuchten im nordwestlichen und mittleren Deutschland, stellenweise mit wirklichen Gewittern.

In einem Berichte Prohaska's über den Gewittersturm vom 11. September 1885 findet sich u. a. auch folgende Beobachtung eines Elmsfeuers. Der

Beobachter Truppe war am Heimwege von Kühnsdorf und während des Gewitters schon ganz nahe bei Krejanzach (am Fuße des Obirberges). In der Finsterniß blieb ich, erzählt Truppe, mit dem Regenschirme an einem Aste hängen, und an einer der Drahtspitzen löste sich der Ueberzug los, so daß diese Spitze frei hinausragte; nur an dieser allein beobachtete ich das St. Elmsfeuer. Gerade als ich die Bellach überschreiten wollte, fuhr ein heftiger Blitzstrahl nieder. Schon während des Niederfahrens des Blitzes bemerkte ich ein Leuchten der Spitze; nach dem Blitze dauerte dasselbe nur etwa eine Minute, denn ich versuchte es mit den Fingern zu löschen und es gelang. Das Flämmchen war bläulich, etwa 1 Centimeter lang, in der Form fast ähnlich einer Kerzenflamme. Ein Knistern konnte ich bei dem strömenden Regen und dem Heulen des Sturmes nicht hören; ich hatte dabei auch keine Empfindung. Da ich jedoch ganz durchnäßt war (auch die Stange des Regenschirmes war ganz naß), konnte mir ein schwächeres Empfinden auch nicht zum Bewußtsein kommen. Ich ging weiter. Als ich mich der Wohnung näherte, fing dieselbe Spitze wieder zu leuchten an, aber diesmal ganz schwach und nicht nach einem Blitzschlage, sondern ganz von selbst; die Flamme wurde mit der Zeit größer und heller, doch nur $^1/_2$ Centimeter lang. Diesmal dauerte die Erscheinung länger; es gelang mir wieder, das Flämmchen zu löschen, aber es begann wieder zu leuchten und dauerte, bis ich fast die Wohnung erreicht hatte, etwa 3 bis 4 Minuten. An anderen Gegenständen habe ich diese Erscheinung nicht beobachtet.

Auch das schon von den Alten geschilderte Leuchten von Menschen und Thieren ist in neuerer Zeit wieder wahrgenommen worden. Ueber solche Erscheinungen berichteten Klein, Arago u. A.; hievon einige Beispiele. Als James Braid aus Leadhills am 20. Februar 1817 gegen 9 Uhr Abends zu Pferde nach Hause zurückkehrte, sah er plötzlich die Ohren des Thieres leuchten, und gleichzeitig schien sein Hut in Feuer zu stehen. Als es anfing zu regnen, verschwand das Licht an den Ohren des Pferdes, am Rande des Hutes indes erst dann, als dieser völlig durchnäßt war. Ehe der Regen anfing, schossen unzählige Funken in allerlei Richtungen nach dem Rande des Hutes und den Ohren des Pferdes. In ähnlicher Weise sahen in der Nacht des 17. Januar 1817 verschiedene Personen in hochgelegenen Orten an der Ostküste der Vereinigten Staaten, während eines Unwetters, das gleichzeitig Donner, Regen und Schnee brachte, den Rand ihrer Hüte, ihre Handschuhe, Ohren, Schweife und Mähnen ihrer Pferde, am Wege stehendes Gesträuch und einzelne Baumstämme von lebhaften, hin- und herschwankenden Flammen umgeben, die ein schwaches Geräusch, ähnlich dem Singen des Wassers beim Sieden erzeugten. Die Flämmchen glichen vollkommen denjenigen, welche sich im Dunkeln an elektrischen Drähten zeigen. Bewegung schien das Leuchten zu begünstigen, und

die Theilchen des Speichels, den man ausspuckte, wurden schon nicht weit vom Munde leuchtend.

Am 8. Mai 1831 gingen, nach Sonnenuntergang, während eines Gewitters, einige Artillerie- und Genie-Officiere mit unbedecktem Kopfe auf der Terrasse des Forts Bab-Azoun in Algier spazieren. Bei dem Betrachten seines Nachbars gewahrte jeder mit Erstaunen an den Spitzen der ganz gesträubten Haare kleine, leuchtende Büschel. Hoben diese Officiere ihre Hände in die Höhe, so entstanden an den Fingerspitzen ebenfalls Lichtbüschel.

Am Abend des 31. October 1837 wurde Dr. Riegel in der Nähe von Aschaffenburg von einem heftigen Platzregen und Sturm überfallen, der indes nur einige Minuten dauerte. Ein zweiter Regen durchnäßte ihn und sein Pferd, und als er darauf in einer Fähre überfuhr, sah er, daß die in die Höhe stehenden Mähnen des Thieres, sowie die Ränder und Spitzen der Ohren zu leuchten anfingen. Ebenso leuchtete die aus Bindfaden geflochtene Spitze seiner Reitpeitsche etwa 30 Centimeter lang. Das Leuchten war am stärksten in der Mitte des Flusses und verlor sich, als er ans Land gekommen war. Der Beobachter vergleicht das Licht mit feurigen, auf den Ohren sitzenden Quasten, später glich es dem Scheine des Phosphors. Ueberspringende Funken bemerkte er ebensowenig, wie irgend einen andern leuchtenden Gegenstand.

Während des Gewitters am 8. Januar 1839, wo der Blitz in den Kirchthurm von Hasselt einschlug, beobachteten Landleute, welche sich auf dem Deiche zwischen Zwolle und Hasselt in den Umgebungen letzterer Stadt befanden, eine eigenthümliche Erscheinung. Wenige Augenblicke vor dem Ausbruche des Blitzes bemerkten sie, daß ihre Kleidungsstücke ganz mit Feuer bedeckt waren. Nachdem sie vergeblich sich angestrengt hatten, dieses Feuer hinwegzuschaffen, richteten sie ihre Blicke auf die umliegenden Gegenstände und bemerkten mit Schrecken, daß die Bäume und Masten in demselben Lichte schimmerten. Der Blitzschlag erfolgte und sofort verschwanden die Flammen. Ein ganz ähnlicher Fall ist, wie in »La lumière électrique« vom Jahre 1880 erzählt wird, Touristen auf dem Großglockner begegnet. Die aus 6 Personen bestehende Gesellschaft wurde förmlich mit Feuer überkleidet, während der Donner mit betäubendem Getöse erscholl, vermehrt noch durch den Widerhall von allen Bergen, und der Sturm heftig durch die Spalten der Felsen sauste. Die sechs Touristen waren augenblicklich geblendet, und sehr erstaunt, als sie nach Wiedererlangung ihres Gesichtssinnes aus den Haaren, Bärten und Kleidern Funken springen sahen und auf ihren Hüten und Alpenstöcken kleine Flämmchen wahrnahmen.

Auch auf der Schneekoppe sind derartige Erscheinungen zur Beobachtung gelangt; in dem bereits mehrfach erwähnten Berichte Reimann's über die

Gewittererscheinungen im Riesengebirge heißt es diesbezüglich: Eigenthümlich sind die Erscheinungen, wenn die Koppe von der Gewitterwolke eingehüllt ist, so daß der aus der Baude ins Freie Tretende sich unmittelbar in der Gewitterwolke befindet. Sein ganzer Körper ist dann im Dunkeln von einem Heiligenschein umgeben, und überall, wohin er nur greift und seine Finger ausstreckt, zucken lautlose Strahlen auf. Zuweilen ist es auch, als ob etwas von der Erde in die Höhe ginge mit einem zischenden Geräusch, wie kaltes Wasser auf eine heiße Platte gegossen erzeugt; doch ist in diesem Falle auch bei völliger Dunkelheit nichts sichtbar. Eigentliche Blitze hat Pohl zu solchen Zeiten nie gesehen, und stets den Donner nur aus der Ferne gehört, jedenfalls deshalb, weil der der Koppe aufliegende Theil der Gewitterwolke seinen Hauptausgleich direct durch Berührung mit dem Kegel und den auf ihm befindlichen Gegenständen, insbesondere den Blitzableitern vollzieht.

Um mit den Beschreibungen von Elmsfeuererscheinungen abzuschließen, mögen endlich noch einige Beispiele erzählt werden, wobei die Erscheinungen auf dem Wasser eintraten und mitunter sehr merkwürdige Formen annahmen. In der Nacht vom 4. zum 5. September 1767, erzählt Arago, sah der Pächter eines Fischteiches in der Nähe von Parthenai in Poitou diesen Teich während eines starken Gewitters in seiner ganzen Ausdehnung mit einer Flamme bedeckt, die so dick war, daß man durch sie das Wasser nicht sehen konnte. Am andern Morgen schwammen alle Fische todt an der Oberfläche des Teiches.

Eine äußerst interessante Lichterscheinung, welche auf dem Meere, ohne allen Anschein eines Gewitters, beobachtet wurde, theilte Doctor Robinson in Armagh mit. Der Major Sabine und der Capitän James Roß kehrten im Herbste von ihrer ersten Nordpolexpedition zurück; sie befanden sich noch in dem grönländischen Meere, als sie in einer der so finsteren Nächte jener Gegenden durch den Officier der Quartierwache auf das Verdeck gerufen wurden, weil er eben etwas ganz Seltsames bemerkt hatte. Vor dem Schiffe, genau in der Richtung, welche es verfolgte, zeigte sich nämlich ein stillstehendes Licht auf dem Meere, das sich zu einer beträchtlichen Höhe erhob, während sonst überall der Himmel und der Horizont pechschwarz erschienen. Da es in jener Gegend keine bekannte gefahrvolle Stelle gab, so wurde der Lauf des Schiffes nicht geändert. Als das Schiff in die leuchtende Gegend kam, stand die ganze Mannschaft schweigend, aufmerksam, in Staunen versunken. Alsbald konnte man mit Leichtigkeit die höchsten Theile der Masten, der Segel und alles Tauwerk erkennen. Die Erscheinung mochte eine Ausdehnung von 1200 Fuß haben. Als das Vordertheil des Schiffes aus ihr heraustrat, so befand es sich plötzlich im Finstern, es wurde keine allmähliche Schwächung des Lichtes

wahrgenommen. Als man schon sehr weit von der leuchtenden Gegend entfernt war, war sie immer noch hinter dem Schiffe sichtbar.

Eine nicht minder interessante Erscheinung wird in einem Briefe Rivière's vom Fort Royal auf Martinique erzählt. Es heißt in diesem Schreiben, die ganze Oberfläche des Meeres sei in den Nächten vom 10., 11. und 14. Juli 1820 leuchtend erschienen. Am 10. und 11. waren die Flammen hoch und ziemlich hell. Diese Erscheinung, welche die Bewohner sich nie erinnern gesehen zu haben, wich gänzlich von der Phosphorescenz des Meeres ab. In der Nacht vom 14. vereinigten sich die von den Riffen ausgehenden Flammen zu großen Feuerwerksgarben und verbreiteten eine solche Helligkeit, daß man eine halbe Meile vom Ufer entfernt lesen konnte. Diese neue Erscheinung dauerte fast die ganze Nacht; während dieser Zeit war der Himmel mit dicken, schwarzen Wolken bedeckt.

Am 16. Januar 1884 wurde Elmsfeuer am Bord des österreichisch-ungarischen Lloyddampfers »Melpomene« in der Höhe von Montevideo beobachtet. Der genannte Dampfer ist ein erstclassiges Schiff höchst solider Eisenconstruction. Beim Baue und der Einrichtung desselben ist Holz in ungewöhnlich geringem Maße benützt worden. Das Schiff führt zwei Maste, von denen der Vormast eine Höhe von 93 Fuß (engl.), der Hauptmast aber 101 Fuß mißt. Der Vormast ist bis zur Höhe von 54 Fuß, der Hauptmast bis zu jener von 56 Fuß aus cylindrischen Eisenröhren hergestellt, so daß bei ersterem nur ein Obertheil von 39 Fuß, bei letzterem von 45 Fuß aus Holzmaterial besteht. Die Mastspitzen haben 12 Zoll lange Metallbeschläge, jene des Hauptmastes auch einen Blitzfänger. Die gleichfalls metallbeschlagene Gaffelspitze des Hauptmastes erhebt sich 62 Fuß. Am Hinterdeck ist ein hölzerner Flaggenstock angebracht, dessen metallbeschlagener pilzförmiger Knopf 18 Fuß über Deck steht.

Das Schiff machte am oben genannten Tage einen heftigen Gewittersturm mit, bei welchem unzählige Blitze in allernächster Nähe des Schiffes in das Meer schlugen, aber kein einziger Blitz das mit eingehängtem Blitzfänger dampfende Schiff traf. Die elektrischen Entladungen erfolgten so continuirlich und so intensiv, daß das Schiff wie in einer Photosphäre zu schweben schien. Nachdem das Unwetter so ziemlich ausgetobt hatte und bereits einzelne Sterne am Himmel sichtbar wurden, zeigte die See ein auffallend starkes Phosphoresciren.

Ich war das ganze Unwetter über auf Deck geblieben, erzählt Hauptmann Himmel (in der »Meteorologischen Zeitschrift«), um den Verlauf desselben genau beobachten zu können. Um 9 Uhr 40 Minuten Abends bemerkte ich ein eigenthümliches Aufleuchten der Spitze des Vormastes und unmittelbar

darauf auch ein anfänglich mehr unruhiges Flimmern der Hauptmastspitze, des Gaffelendes und des Flaggenstockknopfes.

Den Eindruck von auf den Mastspitzen aufsitzenden Flammen hatte ich durchaus nicht. Es war mir vielmehr sofort klar, daß dieses Lichtphänomen bloß ein starkes Phosphoresciren der Mast- und Gaffelspitzen sei, und zwar nur insoweit, als diese Metallbeschlag haben. Auch das Leuchten des Flaggenstockes beschränkte sich bloß auf dessen metallischen Knopf. Das Leuchten, ganz gleich dem eines modernden Holzstückes bei gewitterschwüler Luft in finsterer Nacht, war ein bläulich-mildes, nicht grelles, aber auch nicht constantes. Es zeigte ebenso wie phosphorescirendes Moderholz ein gewisses Unduliren der Leuchtkraft.

Einzelne kürzere Regenschauer beeinflußten das Phänomen nicht, ebenso wenig wie die aufheiternde Tendenz des Wetters. Nach $1^1/_4$ Stunden, um 10 Uhr 55 Minuten, war das oberste Licht, d. i. jenes des mit dem Blitzfänger ausgerüsteten Hauptmastes plötzlich matt und verschwand nach circa 5 Secunden. Nach 4 Minuten verlosch das Leuchten des Vormastes, nach weiteren 2 Minuten jenes der Gaffel und endlich nach 8 Minuten jenes des Flaggenstockknopfes.

Das Verlöschen des Phänomens hatte somit 14 Minuten gedauert und war, was sehr wichtig ist, von oben nach unten erfolgt. Das sehr starke Phosphoresciren des Meeres hielt bis zum Morgen an.

Der massige eiserne Schiffskörper, seine hohen eisernen Maste, der eingehängte Blitzfänger hatten auf die Blitze keine besondere Anziehung geübt, aber die gesammte Schiffsmasse scheint die in und auf dem Meere aufgespeicherte Elektricität begierig aufgesaugt und nach aufwärts geleitet zu haben; in den metallischen Spitzen verdichtete sich die Elektricität bis zu dem die Lichterscheinung hervorrufenden Grade.

Ueber eine, während der am 23. Juli 1886 unternommenen Donaufahrt beobachtete Erscheinung berichtete Richard, der Obmann der Bootsmannschaft »Neptun« in Wien, folgendes: Wir fuhren um 7 Uhr Abends in unserem mit einem eisernen Kiele versehenen Boote in die alte Donau und waren beiläufig 1000 Meter von der Kagraner Brücke stromabwärts entfernt, als ein Gewitter losbrach. Nachdem dasselbe ungefähr 5 Minuten angehalten hatte, in welcher Zeit wir fast vollständig durchnäßt waren, schlug plötzlich der Blitz beiläufig 100 Meter vor uns ins Wasser ein. Einige Secunden darauf erschienen auf der aus dem Wasser herausragenden Spitze des Kieles drei beiläufig 0·25 Meter lange Strahlenbündel und zwar je eines rechts und links und eines senkrecht in die Höhe. Diese Erscheinung hielt durch einige Secunden an und war von einem eigenthümlichen Sausen begleitet. Nachdem

diese Strahlen, die ziemlich stark leuchteten, verlöscht waren, fühlten wir den Kiel an und fanden, daß er ungemein stark erhitzt war, so daß wir ihn, um ein eventuelles Entzünden der anliegenden Holztheile des Bootes zu verhindern, sofort mit Wasser übergossen.

Es dürfte hier am Platze sein, einer elektrischen Lichterscheinung zu gedenken, welche ihrer Natur nach gewissermaßen den Uebergang der Büschellicht-Entladung zur Funkenentladung (des Elmsfeuers in Blitz) darstellt. Eine äußerst interessante Beobachtung dieser Art wurde von Dr. Krätzig in Hermsdorf unterm Kynast gemacht und Dr. Reimann zur Verfügung gestellt. Dieser veröffentlichte dieselbe in der »Meteorologischen Zeitschrift« (1887) in seinem sehr lesenswerten Aufsatze: Weitere Berichte über die Gewittererscheinungen im schlesischen Gebirge.

Krätzig berichtet: Die Umstände, unter denen ich beobachtete, ermöglichen mir, ganz genaue Angaben zu machen. Am Nachmittage des Christi-Himmelfahrtstages, den 3. Juni dieses Jahres (1887), entluden sich in unserem Hochgebirge und im Hirschberger Thal mehrere schwere Gewitter mit starken Regengüssen. Nach 5 Uhr verstummte der Donner, und der Regen wurde schwächer, ohne jedoch vollständig aufzuhören. Um frische Luft in mein Wohnzimmer einzulassen, öffnete ich das eine nach Nordwesten gelegene Fenster desselben. Kaum war dies geschehen, so hörte ich in westlicher Richtung von Agnetendorf und den Schneegruben her von Neuem den nur schwachen Donner eines mir entfernt erscheinenden Gewitters. Ich blieb am offenen Fenster stehen und sah hinunter auf den am Schlosse, dessen ersten Stock ich bewohne, gelegenen Obst- und Gemüsegarten unseres Forstmeisters. Da vernahm ich auf einem mir gerade gegenüber befindlichen mit vier Reihen Bohnen, die damals etwa 10 Centimeter hoch waren, bepflanzten Beete, in dessen Mitte einen kurzen Schlag, ähnlich dem Tone, den das Einschlagen einer abgeschossenen Kugel ins nasse Erdreich verursacht, und sah unmittelbar darauf einen Feuerstrahl in der Stärke eines Fingers und der Länge eines Meters aus der Erde herauskommen, welcher sich oben garbenförmig, ungefähr in der Form eines flachen Handkehrbesens, erweiterte und erlosch. Meine freudige Verwunderung über dieses mir neue Naturereigniß dauerte nur einen Moment, als das anstoßende Zimmer mit der Aussicht nach den Schneegruben durch einen furchtbaren Blitz hell erleuchtet wurde, dem sogleich ein erschütternder Donnerschlag folgte. Wie ich nachträglich erfahren, hat es in eine Fichte am Kynast in dem sogenannten Höllengrunde eingeschlagen.

Alles, was ich sah und hörte, vollzog sich in rascher Aufeinanderfolge, der Schlag im Bohnenbeete, der aus der Erde herauskommende Feuerstrahl, der den ganzen Horizont erleuchtende grelle Blitz und der gewaltige Donner

ichlag. Irgend eine zerstörende Wirkung war in dem Bohnenbeete, wohin ich mich bald begab, nicht wahrzunehmen; ich sah wohl einige kleine Eindrücke, doch kann dieselben der Regen verursacht haben. Der schmale Gemüsegarten grenzt von einer Mauer abgeschlossen an die Chaussee nach Schreiberhau, längs welcher die von Hermsdorf nach Schreiberhau und Agnetendorf führenden Telegraphendrähte ausgespannt sind. Zu gleicher Zeit, in welcher der Schlag erfolgte, sind auch im Telegraphenamte der hiesigen sowie der Agnetendorfer Poststation elektrische Erscheinungen beobachtet worden, über die ich die betreffenden Herren Postvorsteher um nähere Mittheilungen ersucht habe. Ich bemerke hierzu noch, daß in geringer Entfernung von dem Beete ein mächtiger Baum steht, dessen Aeste bis über die Mitte des Beetes hinwegreichen, und daß das Schloß ein hohes Gebäude ist, dessen Giebeldach mehrere Blitzableiter trägt.

Der Bericht des Postvorstehers Schmauch in Hermsdorf lautet: Der Postgehilfe Lutze hatte am Nachmittage des 3. Juni beide Leitungszweige im Blitzableiter mit Erde verbunden, bei Beginn des Dienstes um 5 Uhr aber wieder Normalstellung genommen, da das Gewitter sich nur noch schwach bemerkbar machte, und ein nennenswerter Abfluß atmosphärischer Elektricität in der Leitung nicht stattfand. Gegen $5^3/_4$ Uhr erscholl ganz plötzlich eine sehr starke Detonation im Zimmer, wie der Knall einer Flinte. Der Unterbeamte — Lutze saß mit dem Rücken gegen den Apparat — will hierbei Funken bis in die Mitte der Stube springen und eine kleine blaue Rauchwolke vom Blitzableiter in die Höhe steigen gesehen haben. Die sofortige Besichtigung der Apparate ergab, daß einige Reifen am Blitzableiter geschmolzen waren. Auch der Bericht des Agnetendorfer Postvorstehers meldet von einer heftigen Detonation; da dort aber mit dem Schlage zugleich die Erscheinung einer Feuerkugel verknüpft war, so soll dieser Bericht weiter unten (bei Besprechung der Kugelblitze) nachgetragen werden.

Sehr merkwürdig sind auch jene zuweilen beobachteten Lichterscheinungen, welche man mit dem Namen **leuchtende Wolken** bezeichnet hat. Wenngleich aber die elektrische Natur dieses Phänomens mit einiger Wahrscheinlichkeit, wenigstens für einzelne Beobachtungen, angenommen werden kann, so ist man bis jetzt doch noch zu keiner befriedigenden Erklärung gelangt. Man versteht unter dem Leuchten der Wolken nicht etwa einen intermittirenden, sondern einen continuirlichen Ausfluß von Licht aus der Oberfläche gewisser Wolken. Arago hat diesen Erscheinungen seine besondere Aufmerksamkeit zugewandt und einige interessante Beobachtungen derselben veröffentlicht.

Am 15. August 1781 bedeckte sich, nach dem Untergange der Sonne, zu Bezières der Himmel mit Wolken; um $7^3/_4$ Uhr ließ sich zuerst der

Donner hören; um 8 Uhr 5 Minuten war es vollständig Nacht, und das Gewitter hatte eine bedeutende Heftigkeit erreicht. Als ich, sagt Rozier, in diesem Augenblicke die Richtung und Wirkung der Blitze untersuchte, so bemerkte ich hinter dem Abhange des Hügels, welcher auf der einen Seite die Aussicht von meinem Hause begrenzt, einen leuchtenden Punkt. Dieser gewann allmählich Volumen und Ausdehnung; er bildete unvermerkt einen Streifen, ein phosphorescirendes Band, dessen Breite dem Anscheine nach 3 Fuß betrug und dessen Länge zuletzt für mein Auge einen Winkel von 60 Graden einnahm. Ueber diesen ersten leuchtenden Streifen bildete sich ein zweiter von gleicher Breite, der sich aber nur auf 30 Grad ausdehnte, also halb so weit als der untere Streifen. Sowohl in dem einen als auch in dem anderen Streifen bemerkte man Unregelmäßigkeiten, fast wie an den Rändern der großen, weißen Wolken, welche Vorboten von Gewittern sind. Die Streifen leuchteten nicht überall an den Rändern im gleichen Grade, obwohl ihre Mitte eine gleichförmige Helligkeit darbot. Während der Zeit, daß die Streifen nach Osten vorrückten, brach der Blitz zu drei verschiedenen Malen aus dem Ende des unteren Streifens hervor, ohne jedoch von einem bemerkbaren Donner begleitet zu sein. Die leuchtenden Streifen hingen nicht mit der allgemeinen Masse der Gewitterwolken zusammen, sie standen der Erde viel näher: Die Erscheinung glänzte von 8 Uhr 5 Minuten bis 8 Uhr 17 Minuten, dann trieb ein Windstoß aus Süden das Gewitter von Bezières fort.

Dieser Schilderung möge eine Beobachtung zur Seite gestellt werden, welche in jüngster Zeit (in der Nacht vom 6. August 1885) der Genfer Professor Colladon machte. Colladon beobachtete an einer langen schwarzen Wolke, die sich vom Dôle bis zum Galène erstreckte, an jeder Seite einen breiten phosphorescirenden Rand; um 9 Uhr 15 Minuten wurde plötzlich in einem dem Jura zunächst liegenden Theile der Wolke ein leuchtendes Centrum sichtbar, woraus zwei oder drei phosphorescirende, nach einem Punkte in Südwesten zusammenlaufende Strahlen entsprangen.

Ueber leuchtende Wolken berichtete Nicholson: Am 30. Juli 1797 stand ich des Morgens um 5 Uhr auf; der Himmel mit Ausschluß des südlichen Theiles war um diese Zeit mit sehr dichten Wolken bedeckt, die mit großer Schnelligkeit nach Westsüdwest zogen. Blitze zeigten sich häufig im Nordwesten und Südwesten; heftige Donnerschläge folgten ihnen nach eilf bis zwölf Secunden. Die untersten, am meisten wellenförmigen und ausgezackten Theile der Wolken erschienen fortwährend roth gefärbt, und ich erfuhr, daß diese Farbe noch viel lebhafter gewesen war, bevor ich sie beobachten konnte. Um 5 Uhr 10 Minuten, als es überaus dunkel war, erschienen die meiner Wohnung gegenüber liegenden Häuser in einer Färbung, als ob man sie

durch ein dunkelblaues Glas betrachtete. Als ich die Augen auf den Himmel richtete, sah ich die Wolken von einer sehr intensiven bleiblauen Farbe.

Auch Beccaria erwähnt, daß er wiederholt, besonders in vollkommen finsteren Winternächten leuchtende Wolken beobachtet habe, deren Licht zwar unbestimmt begrenzt erschien, aber doch hinreichende Helligkeit verbreitete, um mäßig großen Druck lesen zu können. Er hatte die Ueberzeugung, daß derartige Erscheinungen elektrischer Natur seien.

Der Director der Sternwarte in Armagh, Dr. Robinson, hatte folgende Beobachtungen mitgetheilt: Major Sabine blieb einst während seiner Reisen mehrere Tage in dem Lough-Scavig der Insel Sky vor Anker. Diese Insel wird von kahlen und hohen Bergen eingeschlossen, unter welchen man einen bemerkt, der fast immer von einer Wolke eingehüllt wird. Diese Wolke entsteht aus dem Niederschlage der Dämpfe, welche durch die fast unausgesetzt wehenden Westwinde vom Atlantischen Ocean dorthin geführt werden. In der Nacht leuchtete diese Wolke von selbst und ohne Unterbrechung. Mehrere Male sah Sabine überdies Strahlen, ähnlich wie beim Nordlichte, aus ihr hervorgehen. Er weist mit Bestimmtheit die Vermuthung zurück, daß man diese Strahlen wirklichen, nahe am Horizonte stehenden, aber durch die Berge einer directen Beobachtung entzogenen Nordlichtern zuschreiben müsse. Nach seiner Meinung hatten alle diese continuirlichen und intermittirenden Lichterscheinungen, wie auch sonst ihre Natur beschaffen sein mochte, ihren Grund in den Wolken.

In Deluc's Werke: Idées sur la Météorologie findet sich folgender Bericht: Als ich an einem Winterabend gegen 11 Uhr in London nach Hause ging, sah ich bei sehr klarer Luft, bei nur geringer Kälte und während durchaus kein Mondschein war, leuchtende Schäfchen (Wolken) am Himmel, welche eine mehrere Grade breite Zone bildeten, die sich auf der Südseite des Himmels, beinahe in der Richtung von Morgen nach Abend, erstreckte, auf beiden Seiten fast den Horizont erreichte und in einem Abstande von 30 bis 40 Grad am Zenith vorbeiging. Ich wohne sehr nahe beim freien Felde, was mir die Beobachtung dieses Phänomens in seiner ganzen Ausdehnung erleichterte, und ich beobachtete dasselbe von dem Augenblicke seiner ersten Wahrnehmung an bis zu Ende. Die erwähnte Wolkenart, welche in ihrer ganzen Länge wie eine dünne, vor dem Monde stehende Wolke leuchtete, verdeckte anfangs alle Sterne. Nach und nach schieden sich aber die Schäfchen mehr, und die Sterne erschienen in den Zwischenräumen derselben; später habe ich sie an den Schäfchen selbst, welche nur noch einem dünnen Flor glichen, wahrgenommen. Nach ungefähr zehn Minuten zerstreuten sich die Schäfchen fast überall gleichzeitig. An diese Beobachtung sind folgende Bemerkungen

geknüpft: Es fand hier irgend eine mit Phosphorescenz verbundene Zersetzung statt; denn woher sonst sollte dieses Licht stammen, das von jener ganzen Wolke ausging? Und doch war nicht das geringste Anzeichen von Elektricität zu bemerken, denn mit Ausnahme einer kleinen Bewegung, welche der Streifen im Ganzen darbot, war alles in Ruhe.

Auch von Schneider rührt eine sehr interessante Beobachtung leuchtender Wolken her. An einem sehr heißen Junitage des Jahres 1842 befand sich derselbe auf den Gebirgen der linken Moselseite in dem Dorfe Herford (Regierungsbezirk Trier). Dort beobachtete er Nachts gegen 1 Uhr und von dieser Zeit an durch mehrere Stunden eine selbstleuchtende Nebelwolke von rundlicher Form, die etwa 56 Grade über dem Horizonte stand, den doppelten scheinbaren Durchmesser des Mondes hatte, und die unter fortwährendem Ausstrahlen mit weißlichem Lichte ihre Stelle nicht änderte. Im Innern gab sich eine fortwährende Bewegung kund, indem einzelne verdichtete Theile rasch sich vom Centrum nach der Peripherie hin zu bewegen schienen, und diese öfter um ein Viertel des Durchmessers überschritten, so daß das Ganze ein sternförmiges Ansehen erhielt. Um $2^1/_2$ Uhr wurden am Horizonte drei deutliche, eine flammenartig geschwungene Erleuchtung bildende Blitze gesehen, welche sich in Intervallen von wenigen Minuten ohne alles Geräusch folgten, wobei aber der Himmel wolkenlos blieb. Das Wölkchen wurde dann noch während einer Stunde an seiner Stelle bleibend, aber in steter Formänderung begriffen, beobachtet. Um 7 Uhr Morgens bemerkte Schneider an derselben Stelle ein ganz unregelmäßig gestaltetes, vielfach gewundenes und zerrissenes Wölkchen, das noch immer allein als Wolke am Himmel bis gegen 8 Uhr beobachtet wurde. In seinen Erörterungen hierüber deutet er auf eine große Aehnlichkeit dieser Erscheinung und einem Nordlichte hin.

Es ist nun allerdings denkbar, daß die eben mitgetheilten Beobachtungen von Beccaria und Sabine sich auf Lichterscheinungen beziehen, welche nicht der Elektricität ihr Entstehen zu verdanken hatten, andererseits kann aber in den von Rozier, Colladon, Nicholson und Schneider beobachteten Erscheinungen der Zusammenhang mit Gewittererscheinungen wohl kaum übersehen werden. Dasselbe gilt von einer Beobachtung Joule's. Während eines Gewitters, das Joule in Manchester beobachtete, sahen gegen $8^1/_2$ Uhr verschiedene Personen unter den Wolken, die fast genau im Süden, 30 Grad über dem Horizonte standen, plötzlich ein helles, rothes Licht. Es erschien, als wenn die Sonne hinter einer Wolke stünde und deren Ränder stark erleuchtete. Dieses Licht warf auf die benachbarten Wolken einen hellen Schein und leuchtete in voller Beständigkeit 5 Minuten lang, um dann nach und nach zu erlöschen. Bei der langen Dauer des Phänomens kann hier an eine

direct gegen die Beobachter gerichtete Feuerkugel nicht gedacht werden; es war vielmehr ein Leuchtendwerden gewisser Wolken, welches man ganz ungezwungen mit dem gleichzeitigen Gewitter in Zusammenhang bringen wird.

In jüngster Zeit hat jedoch Heinrich Becker in Frankfurt am Main versucht, den Nachweis zu liefern, daß das Phänomen der leuchtenden Wolken ebensowohl wie jenes des seltsamen Dämmerscheines in den Jahren 1883 und 1884 auf reflectirte Sonnenstrahlen zurückzuführen sei. Man mag nun Becker's Ansicht beistimmen oder nicht — jedenfalls sind seine diesbezüglich gegebenen Erläuterungen interessant genug, um die nachstehende vollinhaltliche Mittheilung derselben an dieser Stelle zu rechtfertigen.

Im December 1883 und im Januar 1884 hat man zu Frankfurt und an anderen Orten am westlichen Himmel nach Sonnenuntergang einen röthlich schimmernden Schein gesehen. Etwa drei Viertelstunden nach dem Sonnenuntergang tauchte er an der Stelle auf, an der die uns verschwundene Sonne um diese Zeit stehen konnte. Es war ein röthlicher Schein in der Gestalt eines flachen Kreisbogens. Zuerst stieg er vom Horizont aufflammend empor, dann sank er wieder herab. Der Vorgang hielt etwa drei Viertelstunden an. $1^1/_2$ Stunden nach Sonnenuntergang war er verschwunden. Man hat damals die kühnsten Vermuthungen über diese Erscheinungen ausgesprochen. Unter Anderem wurde behauptet, es sei der Aschenstaub, der von dem Vulcan Krakatau in der Sundastraße aufgestiegen und über den Stillen und Atlantischen Ocean hingeflogen sei. Der niederländische Oberingenieur Verbeck, der nach Batavia gesandt war, den Ausbruch des Krakatau zu untersuchen, hat es noch im Jahre 1886 in seinem Berichte über den Vulcan behauptet und nicht bedacht, daß der Staub über die halbe Erde hinfliegen müsse, ohne von den feuchten Dämpfen vom Ocean aufgesogen noch überhaupt von der Anziehungskraft der Erde angezogen zu werden. Am 25. und 26. Juni 1887 wurde die Erscheinung wieder gesehen, und zwar zu Naumburg an der Saale und zu Berlin. Aus Naumburg berichtet Professor Müller das folgende:

»Beim Sonnenuntergang am 25. Juni entwickelte sich ein weder sehr lebhaftes noch anhaltendes Abendroth, welches am Horizont in ein trübes Rothbraun überging. Mit diesem Hintergrunde stark contrastirend stand im Nordwesten, 12 bis 17 Grad hoch (d. i. genau die Stelle des Sonnenunterganges) eine mit ganz weißem Lichte leuchtende Wolke von zarter schleierartiger Gestalt, die sich weder als cirrus noch als cirro-stratus (Schäfchen) recht bezeichnen ließ. Auch die ungefähr in gleicher Höhe stehende Mondsichel bildete mit ihrem röthlichgelben Glanze den auffallendsten Contrast gegen das reine Weiß der Wolke. Im Nordnordost, doch dem Horizont bedeutend

näher, schien eine ähnliche Wolke zu stehen, sie konnte indessen wegen einiger davor liegenden dunklen Wölkchen und einer rauchartigen Trübung der Atmosphäre, die wahrscheinlich von der Stadt Halle herrührte, nicht deutlich gesehen werden, während der Himmel sonst ziemlich klar war. Die helle Wolke änderte langsam ihre Gestalt und bewegte sich nördlich, so daß sie sich bis um 1 Uhr Nachts in eine von Nordwest bis nach Nordnordost reichende, niedrige Wolkenbank verwandelt hatte, welche noch immer mit unverminderter Helligkeit und Weiße leuchtete. Auch am Abend des 26. Juni wurde hier eine leuchtende Wolke zwischen Nord und Nordnordost gesehen, welche indessen bedeutend kleiner als die gestrige erschien und schon bei Sonnenuntergang dem Horizont näher stand. Sie schien bis zu demselben hinabzureichen, sie überragte ihn aber noch um Mitternacht um 1 bis 2 Grade. In Bezug auf Helligkeit und Weiße war diese Wolke der am Tage zuvor beobachteten vollkommen ähnlich.

Zur Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung wird man Staubwolken annehmen müssen, welche so hoch in der Atmosphäre schweben, daß sie noch von den directen Sonnenstrahlen erreicht werden. Indessen genügt eine Höhe von 50 Kilometern über dem Erdboden zur Erklärung der von mir beobachteten und oben beschriebenen Wolken nicht; die doppelte Höhe dürfte kaum ausreichen. Weit größere Schwierigkeiten scheint mir aber die Erklärung der weißen Farbe jener Wolken zu bieten. Bei hellem Tage erscheint ein von der Sonne beschienenes Cirruswölkchen nicht erheblich weißer als die daneben stehende Mondsichel. Auch bei der oben beschriebenen Beobachtung hatte das Licht der Wolken einen ebenso langen Weg durch die Atmosphäre zurückzulegen wie der des Mondes; dieses erhielt durch Absorption eine röthlichgelbe Farbe, das Licht der Wolken blieb weiß.

O. Jesse schreibt in dem »Berliner Tageblatt«: »Obwohl die Er-

[redacted]

Jesse hat die Erscheinung seit dem Jahre 1885 beobachtet, und zwar von Ende Mai bis Ende Juli.*) Er hat sie nur in der Zeit der Dämmerung gesehen, und zwar in dem Theile des Himmels, welcher noch im Dämmerlichte erscheint. Ferner hat er beobachtet, daß die Erscheinung im Juli von Nord nach Süd wandert und dann unseren Augen verschwindet. Er schließt daraus, sie sei dann im anderen Theile der Erde sichtbar. Es sei wahrscheinlich, daß sie nach einem halben Jahre in der südlichen gemäßigten Zone gesehen werde. Im Uebrigen ist auch Jesse der Ansicht, daß seine Staubwolken in einer Höhe siebenmal so hoch wie die Cirruswölkchen, das ist 50 bis 60.000 Meter hoch, sich bewegten. Ueber die Fortbewegung von Nord nach Süd fehlt die Aufklärung.

Becker hat die Dämmerungserscheinungen am 4., 29. und 30. December 1883, dann am 1., 6., 24. und 28. Januar und 1. Februar 1884 beobachtet. Die Erscheinung trat an sämmtlichen Tagen etwa drei Viertelstunden nach dem Sonnenuntergange ein und verschwand anderthalb Stunden nach Sonnenuntergang. Genaue Beobachtung an vier Tagen ergab:

	Sonnenuntergang	Ende des Glühens
1. Januar	3 Uhr 54 Minuten	5 Uhr 40 Minuten
6. »	4 » — »	5 » 50 »
24. »	4 » 28 »	6 » 10 »
28. »	4 » 36 »	6 » 15 »

In diesen vier Wochen (1. bis 28. Januar) ging die Sonne allmählich um 42 Minuten später unter und das Abendglühen verschwand am 28. Januar um 35 Minuten später als am 1. Januar d. J. Den Sonnenuntergang kann man genau messen, das Ende des Glühens nicht. Die Dauer wird also die gleiche sein. Hiermit ist dargethan, daß das Glühen genau mit dem Gang der Sonne geht. Es rückte auch genau so von Südwest nach West wie die Sonne schritt. In mehreren Sommern zuvor hatte ich, sagt Becker, die Erscheinung im Nordwesten beobachtet (wo die Sonne im Juni untergeht) und sie nach Norden zu fortwandeln sehen. Ich hatte sie damals für unvollständig beobachtete Nordlichter gehalten. Im Winter 1883/84 fand ich sie dann im Zusammenhange mit der fortschreitenden Sonne und ebenso übereinstimmend mit dem vorbeiziehenden Wetter.

Während des ganzen December 1883 herrschte Südwest, der zeitweise vom Nordost gestaut war, wodurch Windstille und Nebel eintraten. Am

*) Ein ausführlicher Bericht hierüber befindet sich in der Meteorologischen Zeitschrift vom Jahre 1886.

4. December, nach einem Tage voller Schneeschauer, war das Glühen am Abende dem Regenbogen an Gestalt und Farbe gleich. Am 29. und 30. December und 1. Januar 1884 war heiteres Wetter mit Windstille. Der blaßblaue Himmel wurde grünlichgelb, dann gelb und roth, bis er verblaßte. Drei Viertelstunden nach dem Untergange wird der ganze westliche Himmel bis zum Zenith rosafarben und hochroth gefärbt. Am 6. Januar, nach Regen aus Südwest, wird bei bedecktem Himmel das Glühen mehr gelb gefärbt. Am 24. und 28. Januar, nachdem ein Sturm vorausging, wird der blaßblaue Himmel bis zu hochgelb flammenden Schein gefärbt. Die Erscheinung verschwand — umgekehrt wie Jesse sie beobachtet — von Süden nach Norden, d. h. sie verlöschte zuerst im Süden und verschwand mit einem langen flügelartigen Strahl, den sie zuckend nach Norden sandte. So war bei jenen Beobachtungen jedesmal der Gang. Sowie die Sonne vom 1. bis 28. Januar nordwärts zog, rückte der ganze Proceß um ebenso viel, wie der Sonnenstand voran ging, nach Norden zu. Von einem allgemeinen Fortrücken nach Süden, wie Jesse meint, konnte nicht die Rede sein, weil im December 1883 — zugleich mit Frankfurt — ein Abendglühen zu Numea (Neu-Caledonien) gesehen wurde.

Betrachten wir nun den Sonnenstand im December und Januar, dann finden wir, daß die Sonne des Morgens, wenn sie für uns aufgeht, um 90 Grad östlicher Länge von Ferro, das ist mitten im indischen Ocean, senkrecht steht und über Constantinopel (aus Südosten) zu uns leuchtet. Am Abend, wenn sie von uns scheidet, steht sie 30 Grad westlicher Länge von Ferro, das ist über Rio de Janeiro in Brasilien, und sendet über Madrid (aus Südwesten) ihre letzten Strahlen. Beim Untergange wirft sie ihre Strahlen über Spanien, Frankreich zu uns, trockene Länder, deren Widerschein nur den schwachen Schimmer gibt, den wir Abenddämmerung nennen. Nach einer Stunde sendet sie ihre Strahlen uns über das Atlantische Meer, über eine große Wasserfläche, die einen riesigen Widerschein zu geben vermag. Diese Fläche ist aber jahraus jahrein bewegt und gekräuselt, dann gibt sie nur einen matten Reflex, den wir nicht beachten. In Tagen der Windstille ist sie mit Nebel bedeckt, dann muß der Widerschein rosafarben bis hochroth werden. Oder das Meer ist ruhig und glatt, dann wird der Widerschein im Winter, wo die Luft in der Höhe mit Eisnadeln gefüllt ist, ein bläulicher, im Sommer, wo die Eisnadeln verschwinden, ein weißlicher.

Im Juni steht die Sonne beim Aufgange senkrecht über dem 150. Grad östlicher Länge, das ist bei Japan, beim Niedergange senkrecht über dem 90. Grad westlicher Länge, das ist über Mexiko. Von Mexiko sendet sie nicht bloß über den Atlantischen Ocean uns noch mehrere Stunden die Lichtspiegel,

sondern auch über die weite Fläche des Großen Oceans. Die Spiegelbilder gehen für uns schon derart ineinander, daß wir die Abend- und Morgendämmerung ineinander fließen sehen. Ein Beobachter zu Frankfurt war im September 1884 so glücklich, während acht Tagen das Glühen eine Stunde vor Sonnenaufgang zu sehen. Die Sonne stand über Sumatra senkrecht und spiegelte sich für uns im Indischen Ocean. Der war um jene Zeit ruhig, das heißt nur von feinem Nebel bedeckt, der in purpurnen Farben in der Höhe sich spiegelte.

Wenn wir dieser einfachen Erklärung genauer nachforschen, schreibt Becker, dann wird uns nicht wundern, wenn die Beobachter die angeblichen Wolken in 50 bis 60.000 Meter Höhe wollen gesehen haben. Die Reflexe müssen noch viel höher sein, wenn sie von uns sollen gesehen werden. Es bedarf aber weder einer künstlichen Uebertreibung von der Wirkung der Vulcane, noch einer Herbeizauberung von kosmischem Staub u. dgl. Der Vorgang ist ein ganz gemeiner irdischer, den wir nur an hundert und tausend Tagen nicht sehen, weil wir noch kein Augenmerk auf die wandelnde Gestalt und Farbe der Dämmerung hatten. Wird unsere Wetterkunde, die bisher nur Barometer-Depressionen zu verkünden weiß, einmal den täglichen Sturmgang über die Erde verfolgen, dann wird sie auch der Gestalt der Meeresfläche größere Aufmerksamkeit zuwenden. Haben wir dann aus dem täglichen Meerbilde unsere Dämmerung verstehen gelernt, dann kommt ein scharfsichtiger Kopf auf den Gedanken, aus der Dämmerung das Meerbild zu errathen und mit diesem Riesen-Teleskop das Wetter zu erforschen, früher vielleicht und sicherer, als der ganze heutige Wetterapparat zu lehren vermag.

Ob Becker's oder Jesse's Erklärung für einzelne oder vielleicht auch für alle Beobachtungen leuchtender Wolken zutrifft, kann wohl erst durch weitere Beobachtungen und Forschungen entschieden werden. Zweifellos erscheint jedoch der elektrische Ursprung einer höchst merkwürdigen Erscheinung zu sein, die gleichfalls hier mitgetheilt werden möge; es ist dies eine gewisse Art **leuchtenden Nebels**, wie ein solcher zuerst von Trécul in Paris beobachtet wurde. Trécul behauptet nämlich, er habe wiederholt vom ersten Stocke seiner in der rue Linné gelegenen Wohnung aus die Luft sich erhellen und einen gewissen gelblichen Lichtschein die ganze Breite der Straße einnehmen gesehen. Diese Beobachtung Trécul's fand zunächst keinen Glauben, man war vielmehr geneigt, hierin eine optische Täuschung zu erkennen. In den Comptes rendus vom 31. Juli 1882 veröffentlichte nun aber J. Rousseau eine von ihm gemachte Beobachtung, welche jener Trécul's ähnlich ist, also für letztere die Annahme einer optischen Täuschung unbegründet erscheinen läßt. Rousseau

erzählt nämlich: In der Nacht vom 20. zum 21. Juli zwischen 2 Uhr und 2 Uhr 30 Minuten Morgens beobachtete ich mit Hilfe eines Fernrohres von 60facher Vergrößerung, als mir plötzlich schien, meinem Gesichtsfelde fehle die Klarheit. Ueberrascht durch diese Erscheinung betrachtete ich den Himmel; er war vollkommen rein, ohne eine einzige Wolke. Bald bemerkte ich, daß leuchtende Scheine, ähnlich jenen der Flächenblitze, für einen Augenblick die Oberfläche des Himmels bedeckten. Während ich dieses Schauspiel beobachtete, sah ich mit Erstaunen, daß Flächenblitze ganz derselben Art in geringer Entfernung vom Boden entstanden, und zwar unter mir, 6 Meter von der Erde. Ich habe dieses Phänomen während einer Viertelstunde beobachtet, welches während dieser Zeit nicht aufhörte sehr oft zu erscheinen. Th. du Moncel meint, da die atmosphärische Elektricität auch bei heiterem Himmel eine hohe Spannung erlangen könne, sei die geschilderte Erscheinung der Einlagerung einer halbleitenden Schicht zuzuschreiben, durch welche leuchtende, lautlose elektrische Entladungen zur Erde ermöglicht wurden. Die unverkennbare Aehnlichkeit beider Beobachtungen läßt allerdings die Richtigkeit derselben kaum bezweifeln; zur Erklärung derselben bedarf es aber immerhin noch weiterer, genauer Beobachtungen.

Um die elektrischen Lichterscheinungen zum Abschlusse zu bringen, sind noch jene Beobachtungen anzuführen, welche sich auf das **Leuchten von Regentropfen, Schneeflocken** und **Hagelkörner** beziehen. Daß derartige Erscheinungen thatsächlich vorkommen, kann wohl kaum mehr bezweifelt werden, nachdem Arago, C. Kuhn und H. J. Klein verläßliche Nachrichten hierüber gesammelt haben, wovon nachstehend einige mitgetheilt werden sollen.

In dem Tagebuche der physikalischen Gesellschaft in Zürich findet sich folgende Mittheilung:

»Anno 1757. In diesem Sommer ist nach einem Donnerwetter abends observirt worden, dass die ob dem Dach herunterfallenden regendropfen leuchtend gewesen. Herr Stadtfänderich Werdmyller, so dieses Phänomenon observiret, hat zu gleicher Zeit in obacht genohmen, dass auf der oberfläche des Syllwassers sich gleiche leuchtende Funken haben sehen lassen.«

Die Gewitterregen sind bisweilen so stark leuchtend, schreibt Arago, daß Dom Hallai, Prior der Benedictiner in Lessay, nahe bei Contances, die folgenden Ausdrücke in einem Briefe an Mairan nicht für übertrieben hielt: »Am Abend des 3. Juni 1731 fielen überall, bei außerordentlichen Blitzen Tropfen wie von feurig flüssigem Metall.«

Im Jahre 1761 meldete Bergmann an die königliche Gesellschaft zu London: Ich habe zweimal gegen Abend, einen Regen beobachtet von solcher

Beschaffenheit, daß alles, was er traf, flimmerte, und die Erde mit glühenden Wogen bedeckt schien. Auch fügt Bergmann bei, daß er dieselbe Erscheinung zuweilen bei Schneefällen wahrgenommen habe.

Am 3. Mai 1768 wurde Pasumot unweit la Cauche, eine Meile von Arnay-le-Duc, in freiem Felde von einem starken Gewitter überrascht. Als er sich vorwärts beugte, um das auf seiner Hutkrempe angesammelte Wasser abfließen zu lassen, erzeugte dieses Wasser beim Niederfallen Funken, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Fuß über der Erde, da wo es mit dem unmittelbar aus den Wolken herabfallenden Regen zusammentraf.

Lampadius nahm bei einem heftigen Schneegestöber am 25. Januar 1822 am geöffneten Fenster einen starken elektrischen Geruch wahr, und ein ins Freie gehaltenes Elektroskop zeigte sehr starke Divergenz der Goldblättchen. Drei Bergleute, welche im Freien von dem Unwetter überfallen wurden, sahen die herabfallenden Graupelkörner leuchtend, konnten aber sonst nichts wahrnehmen, da sie die Augen kaum offen zu halten vermochten.

2. Elektrische Phänomene besonderer Art.

Unter vorstehender Ueberschrift sollen Erscheinungen zusammengefaßt werden, deren Zusammenhang mit Gewittern wahrscheinlich ist oder auch sicher angenommen werden darf; man rechnet hierher den sogenannten Rückschlag, gewisse akustische Erscheinungen und außergewöhnliche Vorgänge im Innern der Erde und auf der Oberfläche derselben.

Weiter oben (S. 51) wurde bereits erwähnt, daß der elektrische Entladungsstrom auch außerhalb seines Schließungsbogens und zwar durch Influenzwirkung Erscheinungen hervorzurufen im Stande ist, welche jenen vollständig gleichen, die innerhalb des Schließungsbogens auftreten. Diese Erscheinung wurde als elektrischer **Rückschlag** bezeichnet. Es wurde an der genannten Stelle ferner darauf hingewiesen, daß der Rückschlag auch durch Entladungen atmosphärischer Elektricität eintreten kann. Schwebt eine mit positiver Elektricität geladene Gewitterwolke über der Erde, so wird sie die gleichnamige Elektricität derselben abstoßen, d. h. in die Tiefe zurückzudrängen trachten, die ungleichnamige aber anziehen, also an der Oberfläche oder auf Körpern, die über die Oberfläche emporragen, ansammeln. Hierbei wird die Influenzirung der Erdoberfläche an verschiedenen Stellen eine verschiedene sein; sie wird dort zu den bedeutendsten Spannungsdifferenzen führen, wo gute Leitungsfähigkeit der Oberfläche oder der betreffenden Objecte den Trennungsproceß der Elektricitäten fördern. Einer kräftigen Influenzirung werden also Personen oder Objecte unterliegen, welche z. B. durch feuchtes

Erdreich mit dem unterirdischen Wasser oder Grundwasser in Verbindung stehen.

Befindet sich ein Mensch unter einer langgestreckten Wolke, welche positiv elektrisch ist, so wird also durch die Influenzwirkung dieser die positive Elektricität in die Erde zurückgedrängt, die Erdoberfläche und der Mensch erhalten aber unter vorerwähnten Umständen starke negativ elektrische Ladungen. Tritt nun an einer entfernteren Stelle der Wolke eine Entladung ein, veranlaßt in irgendwelcher Art, so hört im selben Momente auch die influenzirende Wirkung der Wolke auf den Menschen auf. Die auf demselben angehäufte negative Elektricität strebt dann mit um so größerer Heftigkeit in die Erde zurückzufließen, je beträchtlicher die Intensität der Wolke vor der Entladung war. Ein derartiger Rückschlag der Elektricität kann unter Umständen ebenso zerstörende Wirkungen hervorrufen wie der Blitzstrahl selbst. In der That wurden elektrische Rückschläge sowohl in älterer als auch in neuerer Zeit wiederholt beobachtet; einige Beispiele mögen nachstehend angeführt werden.

Ueber einen derartigen um Coldstream in Schottland gut beobachteten Fall berichtet Reimarus »der Arzeneygelahrtheit Doctor« in seinen neueren Bemerkungen vom Blitze nachstehendes. Am 19. Juli 1785 war ein schöner Morgen. Gegen 11 Uhr bildeten sich Wolken in Südosten. Zwischen 12 und 1 Uhr entstanden einige Blitze; der Donner ließ sich aber erst 25 bis 30 Secunden nachher hören, wie Herr Patrik Brydone anmerkte, der im zweiten Stockwerke vor einem offenen Fenster das Gewitter beobachtete. Plötzlich aber hörte man, ohne daß ein Blitz vorher bemerkt worden, einen lauten Schlag, als wenn verschiedene Flinten geschwinde nach einander abgefeuert würden, ohne daß es, wie bei den anderen Schlägen, nachtönte. Alsbald zertheilten sich die Wolken, und es ward kein Blitz oder Donner weiter vernommen. Bald darauf hörte er, daß nicht weit von seinem Hause ein Mann und zwei Pferde erschlagen wären. Der Erschlagene, Namens Lauder, ein junger frischer Mensch, war mit einem beladenen Steinkohlen-Karren, auf dessen vorderem Theile er saß, gefahren, und ein Gefährte mit einem anderen Karren hinter ihm. Letzterer, nachdem er den Todten nach Hause gebracht, erzählte dem Herrn Brydone, der in weniger als einer halben Stunde dahin kam, ohne sonderliche Gemüthsbewegung den Vorfall. Sie waren nämlich einige Minuten zuvor durch eine tiefe Furth über den Fluß Tweed gefahren und hatten beinahe die Anhöhe, 65 bis 70 Fuß über dem Flußbette, erreicht. Da sie nun mit einander über das Donnern redeten, welches sie in der Ferne hörten, und wünschten, daß nach so langer Dürre ein Regen erfolgen möchte, ward er durch einen lauten Knall erschreckt und sah seinen Gefährten mit den Pferden und dem Karren zur Erde stürzen. Er habe ihn

völlig todt gefunden, sein Gesicht blaufärbig, und seine Kleider zerrissen, und so auf seinem Karren, davon er die Kohlen abgeworfen, zu Hause gebracht.

Herr Bell, der Prediger zu Coldstream, der den Körper untersucht hatte, berichtete, er habe daran vom Kinne bis auf den rechten Schenkel einen $^3/_4$ Zoll breiten Zickzack-Strich bemerkt, in welchem die Haut weiß und hart versengt gewesen, auch wäre die Haut an diesem Schenkel sehr verbrannt und als aufgeschrumpft, nebst anderen Spuren auf dem Körper, keine aber an den Beinen (welche über den Karren vorausgehangen) befunden worden. Seine Kleider und besonders das Hemde wären sehr zerrissen gewesen und hätten sehr versengt gerochen. Der Körper, welcher zwei Tage nachher begraben worden, hätte kein Zeichen von Fäulniß spüren lassen. Herr Brydone sammelte noch die Stücke von dem Hute auf, welcher in viele kleine Fetzen zerrissen war, an deren einigen, die das Kopfstück ausgemacht hatten, noch fest eingedrungene Haare saßen.

Der besagte Gefährte Lauder's zeigte ihm den Zwischenraum der beiden Karren, welchen man noch genau bemerken konnte, weil seine Pferde sich bei dem Schlage umgewandt und das Geschirr zerbrochen hatten. Es waren ungefähr 24 Yards, und Lauder's Karren befand sich einige Fuß höher, aber noch nicht völlig auf der Anhöhe. Er hätte, sagte er, gleichfalls vorne auf seinem Karren gesessen und Lauder mit dessen Karren gerade im Gesichte gehabt, als dieser niedergestürzt. Er habe aber keinen Blitz oder Feuer gesehen, auch keine Erschütterung oder besondere Empfindung verspüret. Die Pferde fand Herr Brydone noch an dem Karren angespannt auf der Stelle liegen, wo sie erschlagen worden. Sie waren auf die linke Seite gefallen, und ihre Beine hatten einen so starken Eindruck in den Boden gemacht, daß, als man sie aufhob, die genaue Form davon zu sehen war. Folglich waren sie, ohne einige Zuckung, im Augenblicke aller Lebenskraft beraubt worden. Sie waren von starkem Wuchs und schwarzhaarig. Das Haar war über den größten Theil ihres Körpers, am meisten aber am Bauche und an den Beinen, welche zuvor in dem Flusse ganz benetzt worden, sehr versengt. Die Augen waren schon finster geworden, gleich als an einem Thiere, welches lange todt gewesen. Alle Gelenke derselben waren biegsam, und er konnte nicht verspüren, daß irgend ein Knochen zerquetscht worden, wie man zuweilen von Thieren, die vom Blitze getödtet worden, vorgegeben hat.

Der linke Baum des Karrens war zerbrochen und an verschiedenen Stellen Splitter davon abgeflogen, besonders wo Bretter des Karrens durch Nägel oder eiserne Krampen verbunden waren. Auch waren viele Stücke Kohlen, rund um den Karren, weit umhergeworfen und einige hatten das Ansehen, als ob sie eine zeitlang am Feuer gelegen hätten. Ohngefähr

4½ Fuß hinter jedem Rade, und in dessen Spur befand sich ein rundes Loch, etwa 2 Zoll im Durchmesser, wo die Erde aufgeworfen war, und die kleinen Steine mit dem Sande zu beiden Seiten zerstreut waren, und diese sonst tiefe Spur auf mehr als 1½ Fuß weit ganz ausgefüllt hatten. An dem eisernen Ringe beider Räder befanden sich deutliche Zeichen einer Anschmelzung, indem das Eisen in seiner ganzen Breite und auf ohngefähr 3 Zoll lang an der Oberfläche blau angelaufen und gänzlich ohne Glanz war. Es schien, als wenn halbgebildete runde Tropfen daran entstanden wären, die merklich hervorragten; das Holz der Räder aber war nicht angebrannt. Da man nun den Karren in seinen Spuren zurückschob, fand sich, daß diese Zeichen der Anschmelzung gerade auf die oben beschriebenen beiden Löcher trafen, und daß die Räder daselbst tief in den Sand eingesenkt gewesen. Sie waren von dieser Stelle an noch beinahe halbrund gegangen, indem das Niederstürzen der Pferde den Karren etwas vorwärts gezogen haben mußte. Auf dem, jenen angeschmolzenen Stellen entgegenstehenden Ende der Räder war kein Zeichen zu finden. Die aufgewühlten Stellen der Erde rochen etwas gleich Aether; der Grund war sehr trocken und kleinsteinigt. An keinem Hufeisen der Pferde war irgend eine Spur von Anschmelzung zu finden, auch war die Erde auf den Stellen, wo sie gestanden, nicht aufgewühlt.

Ein Schäfer, der sich an der anderen Seite des Flusses, in einer Entfernung von zwei- bis dreihundert Yards befunden hatte, berichtete, er habe eben nach den zweien Karren gesehen, wie sie am gegenseitigen Ufer hinauffuhren, da er einen lauten Knall gehört und zugleich gesehen, daß der erste Karren niedergestürzt, und Mann und Pferd still als todt gelegen hätten. Er habe keinen Blitz oder Feuerschein gesehen, sondern nur, daß Staub von der Stelle aufgeflogen. Einige Zeit vorher wären in Südosten verschiedene Blitze entstanden; jene Karren aber befanden sich nordwestlich von der Stelle, wo er stand. Er habe keine Erschütterung oder besondere Empfindung gespüret.

Es ereigneten sich an demselben Tage noch einige merkwürdige Erscheinungen. Der Schäfer von Lennelhill, wo Herr Brydone wohnte, befand sich mit einer Heerde auf einem Felde in der Nachbarschaft, als er plötzlich ein Lamm, welches nur wenige Yards von ihm entfernt war, niederfallen sah und zur selben Zeit hatte er ein Gefühl — darüber er sich ausdrückte — als wenn ihm Feuer über das Gesicht führe, da doch Blitz und Donner weit von ihm entfernt waren. Er lief gleich zu dem Lamme; fand es aber völlig todt, ohne einige Zuckung oder Lebenszeichen, da es doch den Augenblick vorher ganz gesund geschienen. Er öffnete ihm mit seinem Messer eine Ader, daraus noch reichlich Blut floß. Dieses, sagte er, hätte sich etwa eine Viertelstunde vor dem Schlage zugetragen, dadurch Lauder getödtet ward, und es

war nicht über 300 Yards von jener Stelle entfernt. Die Erde war unter dem Lamme nicht aufgewühlt, auch sah er keinen Staub sich dabei erheben.

Thomas Foster, ein bekannter Fischer aus Coldstream, stand mit einem anderen Manne mitten in dem Flusse Tweed, wo sie mit Angeln Lachs fischten. Plötzlich hörten sie ein lautes Geräusch, und als sie sich umwandten, um zu sehen, woher es käme, fanden sie sich in einem heftigen Wirbelwinde begriffen, davon Foster sagte: er wäre »geschwüle heiß.« gewesen und hätte fast ihren Odem erstickt, so daß sie mit Mühe das Ufer erreichten, wo sie sich matt und erschrocken niedersetzten. Diese Erscheinung, welche etwa eine Stunde jenem Schlage vorherging, dauerte aber nur kurze Zeit, und es folgte eine gänzliche Stille darauf.

Eine Frau, welche bei dem Ufer des Flusses Heu machte, fiel plötzlich nieder und rief aus, sie hätte einen heftigen Schlag am Fuße erhalten und wüßte gar nicht, woher es gekommen. — Herr Bell, der Pfarrer des Ortes, ein geschickter und wahrhafter Mann, erzählte Herrn Brydone, er habe, da er kurz vor Lauder's Zufall in seinen Garten gegangen, zu verschiedenenmalen ein merkliches Zittern des Bodens verspürt. Am 11. August des folgenden Jahres war in dortiger Gegend, und besonders weiter nach Westen hin, ein merklicher Stoß von Erdbeben.

Aus Briefen des Physikers Demonferrand erzählt Arago einen Fall, der sich in Versailles ereignete. Am 24. September 1826, ungefähr um $9^1/_2$ Uhr, entlud sich ein heftiges Gewitter über Versailles und den benachbarten Feldern. Ein Greis von 72 Jahren ging nach seinem Hause, als in einer kleinen Entfernung von der Notre Dame-Kirche ihn einer der in der Nähe großer Gebäude so häufigen Wirbelwinde zwang, sich einen Augenblick umzudrehen. Dabei war seine rechte Seite gegen eine Mauer gewandt, an welcher eine Metallröhre zur Ableitung des Regenwassers nach der Straße herablief. In dieser Lage empfand der Mann eine solche Erschütterung, daß es ihm vorkam, als wenn die ganze rechte Seite seines Körpers plötzlich auf die linke gestoßen würde; zugleich fühlte er eine starke Beklemmung und einen der Trunkenheit ähnlichen Schwindel. Die unmittelbaren Folgen dieses Schlages waren eine große Behinderung bei den Bewegungen der ganzen linken Seite und keuchende Respiration; nur mit vieler Mühe und nach mehrmaligem Ausruhen konnte er sich durch eine Strecke von ungefähr vierhundert Schritten in ein benachbartes Haus schleppen. Hier ergab sich, daß die Zunge ebenso schwer beweglich war, wie die ganze linke Seite. Große Fürsorge verschaffte dem vom Blitze Getroffenen augenblickliche Ruhe; die Nacht war leidlich, und am nächsten Morgen befand sich der Kranke fast in seinem gewöhnlichen Zustande; aber am Abend, zur Zeit, wo der Schlag stattgefunden

hatte, kehrte die Beklemmung, die Betäubung und die Behinderung bei den Bewegungen wieder, und so blieb es bis zu Ende der Woche. Als der Kranke sich dann entschloß, einen Arzt zu Rathe zu ziehen, fand man alle Symptome eines Druckes auf das Gehirn und das Rückenmark, woraus eine unvollständige Lähmung der Zunge, des linken Armes und des Beines derselben Seite entstanden war. Dieses Leiden wich allerdings in kurzer Zeit den Anstrengungen der Aerzte und der Kranke wurde endlich ganz gesund, aber die regelmäßige Wiederkehr der Zufälle dauerte bis zu seiner vollständigen Heilung.

In demselben Augenblicke nun, wo jener Greis in Versailles getroffen wurde, schlug der Blitz eine halbe Stunde weit davon in die Meierei Gali. Es würde schwierig, um nicht zu sagen, unmöglich sein, fügt Arago hinzu, die Identität des Schlages, der die Meierei entzündete, und dessen, der jene Person in Versailles traf, festzustellen. Nichtsdestoweniger kann man den vorhin beschriebenen Vorfall keinem directen Schlage zuschreiben; denn in dem Augenblicke, wo er stattfand, bewies der Zwischenraum zwischen dem Blitze und dem Donner, daß das Gewitter nicht über Versailles selbst stand. Jedenfalls befand sich Demonferrand zufällig in einer Stube, die der Röhre, welche als Leiter der Elektricität gedient zu haben scheint, sehr nahe war; aber weder er noch irgend eine der in demselben Zimmer sich aufhaltenden Personen empfanden die mindeste Erschütterung. In dem Hause gegenüber hatte eine Kranke, die ihr Zustand für elektrische Wirkungen hätte reizbarer machen können, gleichfalls nichts empfunden.

Auch in dem bereits mehrfach citirten Berichte Reimann's über die Gewittererscheinungen im Riesengebirge findet man die Beobachtung von Rückschlägen verzeichnet. So wurde im Jahre 1883 eine Frau, die sich in der Nähe eines Blitzableiter-Kupferseiles aufhielt, als ein Gewitter über der Koppe stand, mehrere Fuß weit fort und gegen einen Zaun geschleudert. Der Koppenwirth Pohl erzählt, daß er einmal in der Ferne einen starken kurzen Blitz gesehen, und daß in demselben Momente auf der Koppe ein am Telegraphen sitzender junger Mensch von einem herausfahrenden Funken vom Stuhle geworfen worden sei. Der Telegraphist Kirchschlaeger hat »in der Nähe der letzten Telegraphenstange« im ganzen Körper einen elektrischen Schlag gespürt, als ein Blitz herabging, was offenbar nichts mit der Telegraphenleitung zu thun hatte, sondern Wirkung des Rückschlages war. Ebenso fühlte im August 1885 ein Hirschberger Gymnasiast auf der Straße nach Warmbrunn, als er plötzlich einen Donnerschlag hörte, zugleich einen Schlag auf den Rücken, auch war es ihm, als wenn ihn jemand niederdrückte, so daß er sich eine Zeitlang auf einen Stein setzen mußte, ehe er weitergehen

konnte; der Blitz hatte etwa 50 Schritt von der Straße einen Baum am Zacken getroffen.

In der Zeitschrift »La lumière électrique« erzählt der belgische Telegraphen-Chef-Ingenieur Evrard einen Unfall, der wohl auch kaum anders als durch einen Rückschlag erklärt werden kann. Derselbe ereignete sich zu Namur am 10. August 1883. Der am Ausgange des Bahnhofes in Namur gegen Brüssel zu gelegene Uebergang war durch zwei Leute bewacht, welche sich, um sich gegen den Regen zu schützen, in das zu ihrem Schutze bestimmte Häuschen zurückgezogen hatten; daselbst saßen sie auf dem Boden etwa 4 Meter entfernt von der Thüre. Genau im selben Momente, als der Blitz in ein Gebäude schlug, welches über 300 Meter weit entfernt ist, fühlte sich der eine Wächter plötzlich auf seinem rechten Arme gelähmt; auf den anderen wurde zur selben Zeit ein von der Hütte abgerissener Holzsplitter mit Heftigkeit geschleudert. Der theilweise gelähmte Wächter erhielt den vollen Gebrauch seines Armes erst nach 15 Tagen wieder, während der andere keinerlei Beschwerden oder Schaden davon hatte, ausgenommen eine leichte Schramme, erzeugt durch den Holzsplitter.

Dach und Wände der Schutzhütte wurden sorgfältig untersucht, ebenso die Thürangeln, das abgerissene Holzstück, das Klingelwerk, welches sich nahe der Thüre befand, die Kupferdrähte ꝛc., doch an keiner Stelle konnte eine Spur aufgefunden werden, welche den Durchgang eines Blitzes angedeutet hätte.

Gewisse elektrische Zustände der Atmosphäre scheinen imstande zu sein, **akustische Wirkungen** hervorzubringen, die so sonderbarer Art sind, daß sich Arago kaum getraute derselben zu gedenken. Wir glauben aber dieselben hier nicht mit Stillschweigen übergehen zu dürfen, da außer dem auch Arago bekannten Falle seither mehrere ähnliche Beobachtungen bekannt geworden sind, so daß also gegenwärtig an der Thatsache selbst kaum gezweifelt werden kann.

Wie H. J. Klein erzählt, bemerkte im Jahre 1767 Saussure bei gewitterhaftem Wetter auf der Spitze des Breven, daß, wenn er die Hand ausstreckte, an den Fingerspitzen sich ein eigenthümlich kitzelndes Gefühl bemerklich machte. Sein Begleiter, der um seinen Hut eine Goldborde hatte, vernahm ein Sausen um seinen Kopf, und aus dem goldenen Knopfe dieses Hutes, sowie aus dem metallenen Ende eines großen Stockes ließen sich Funken ziehen.

Signor Gemellaro berichtete über eine merkwürdige elektrische Erscheinung, welche er bei seinem Aufstieg auf den Aetna am 2. Juni 1814 beobachtete. Carbonaro, einer der Führer, derjenige, welcher an der Spitze der kleinen Gesellschaft wanderte, fühlte plötzlich die Haare auf seinem Kopfe sich

aufwärts richten, gleichzeitig seinen Körper erschlaffen und hörte ein durchdringendes Zischen; nachdem er den Hut abgenommen hatte, sträubten sich seine Haare noch mehr und das Zischen wurde intensiver. Der dem Führer folgende Reisende hörte gleichfalls ein dumpfes Geräusch und fragte ihn, was dies sei. Sie näherten sich einander und hörten zusammen die magischen Töne. Der Reisende wandte sich um, um seinen Gefährten zu rufen, welcher sich in einer Entfernung von ihm befand und machte ihm Zeichen mit der Hand: aber die Hand erzeugte, als sie erhoben wurde, einen noch intensiveren Ton und ganz sonderbare Modulationen bei Bewegung der Finger. Als nachher alle drei Personen beisammen waren, unterhielten sie sich einige Zeit damit, durch einfache Bewegung ihrer Finger in der Luft, die überraschendsten Effecte hervorzubringen.

Nicht minder interessant ist der nachstehende von H. J. Klein erzählte Vorfall.

Am 10. Juni 1863, an einem schönen Morgen bestieg H. Watson in Begleitung mehrerer Touristen und der Führer die »Jungfrau«. An dem Engpasse angekommen, bemerkte man eine Anhäufung von dichten Wolken und oben wurde die Gesellschaft von einem heftigen Hagelwetter überfallen. Man entschloß sich zur Rückkehr, wurde aber auch auf dieser von einem heftigen Schneegestöber begleitet. Plötzlich vernahm man einen heftigen Donnerschlag, und unmittelbar nachher bemerkte H. Watson, daß sein Stock lebhaft summte, ungefähr wie kochendes Wasser. Nachdem man Halt gemacht hatte, wurde wahrgenommen, daß alle übrigen Stöcke und die mitgenommenen Aexte ebenfalls summten; sie setzten dies lebhaft fort, als man sie in den Schnee steckte. Plötzlich riß einer der Führer seinen Hut vom Kopfe, indem er ausrief, daß er brenne; seine Haare waren in die Höhe gerichtet und er bot ganz den Anblick eines Elektrisirten dar. Gleichzeitig empfanden auch alle anderen Personen eine Art Prickeln und Brennen im Gesichte und an den übrigen Theilen des Körpers. Die Haare Watson's waren steif und in die Höhe gerichtet, ein Schleier, den ein anderer Reisender trug, stellte sich gleichfalls steif aufrecht, an den Fingern vernahm man, sobald sie durch die Luft bewegt wurden, ein eigenthümliches Geräusch, und selbst der freiliegende Schnee prasselte, wie wenn Hagelkörner darauf niederfielen. Als ein Donnerschlag erfolgte, hörten alle diese Erscheinungen plötzlich auf, um sich einige Augenblicke nachher sofort wieder einzustellen. Alle Reisenden bemerkten einen heftigen Schlag an verschiedenen Theilen ihres Körpers und der rechte Arm Watson's war für einige Minuten wie gelähmt. Mit dem Fortzuge der Wolken verschwand die seltsame Erscheinung nach einer Dauer von 35 Minuten, ohne jede Lichterscheinung dargeboten zu haben.

Die annehmbarste und bereits von Saussure gegebene Erklärung dieser und ähnlicher Erscheinungen ist wohl die, daß man alle derartigen Geräusche und Töne als durch ausströmende Elektricität hervorgebracht annimmt. Ein solches Ausströmen von Elektricität soll nach Saussure nur dann eintreten, wenn die Wolken in geringer Entfernung an den Bergspitzen vorbeiziehen. Bleiben jedoch die Wolken weiter entfernt, so sammelt sich die Elektricität an und die Entladung erfolgt in Form von Blitzen. Allerdings fehlt aber dieser Erklärung noch die Begründung, warum dann die in Rede stehenden Erscheinungen so selten beobachtet werden, da Reisende doch sehr oft auf Bergspitzen von Wolken überrascht werden.

Die merkwürdigen Erscheinungen treten in der Regel dann auf, wenn keine Blitze beobachtet werden. H. J. Klein hat jedoch einen Fall selbst erlebt, in welchem dies nicht zutraf. An einem Augusttage 1867 zog ein heftiges Gewitter über Köln herauf. Es donnerte und blitzte stark, doch regnete es noch keineswegs. Der Himmel war ungemein bewölkt und es herrschte eine ziemliche Dunkelheit. »Meiner Gewohnheit nach begann ich,« erzählt H. J. Klein, »mit dem Fernrohre die um meinen Beobachtungsstandpunkt herum sichtbaren Spitzen der Kirchthürme, von denen einzelne mit Blitzableitern versehen sind, zu untersuchen, ob vielleicht elektrische Ausströmungen ꝛc. dort stattfänden. Von dem flachen, mit Zink belegten Dache des Beobachtungslocales laufen starke Röhren zur Ableitung des Regenwassers bis auf den Boden, eine derselben in einen Brunnen. Nachdem das Fernrohr mit seinem schweren metallenen Stativ auf eine mit Zink überzogene Erhöhung gesetzt worden, begann ich die Metallkappe abzunehmen, zu welchem Zwecke das Instrument mit dem Objectiv nach unten so geneigt wurde, daß es etwa einen Winkel von 45 Grad mit der Horizontalen machte. In diesem Augenblicke bemerkte ich ein eigenthümliches Tönen der Metallröhre, gleich als wenn man mit einer Bürste über das metallene Rohr fahre. Diese Töne schienen von dem in die Höhe gerichteten Ocularende herzukommen. Ich drehte das Instrument in seinen Zapfen herum und neigte es, so daß es ungefähr wagrecht stand. Sofort hörte alles Tönen auf. Ich richtete jetzt das Objectivende in die Höhe, und unmittelbar darauf begann das Summen von neuem. Es begann stark und in großen Tropfen zu regnen, weshalb ich das Instrument wieder unter Dach bringen mußte, wo sich übrigens nichts mehr zeigte. Während ich das seltsame Phänomen wahrnahm, sah ich den Blitz und hörte den Donner. Der Beobachtungsstandpunkt war allerseits frei und überragt die unmittelbar benachbarten Gebäude nach drei Seiten hin.«

Schließlich möge noch darauf hingewiesen werden, daß, wie bereits (S. 335) erwähnt, auch auf der Schneekoppe bei gewitterhaftem Zustande der

Atmosphäre zischende Geräusche vernommen wurden, wie solche kaltes Wasser auf heiße Platten gegossen erzeugt. Auch in seinen weiteren Berichten über Gewittererscheinungen im schlesischen Gebirge bringt Reimann Beobachtungen über eigenthümliche akustische Erscheinungen bei Gewittern bei. So schrieb diesbezüglich der Katasterinspector Klose folgendes an ihn: »Das eigenthümliche Pfeifen, von dem ich Ihnen bereits mündlich erzählt habe, trat bei denjenigen Gewittern, bei denen ich es überhaupt wahrnahm, nach jedem Blitze auf, dem der Donner innerhalb fünf Secunden folgte. Bei entfernteren Blitzen war nichts zu hören. Es klang um so intensiver, je kürzer das Intervall zwischen Blitz und Donner war, und füllte dieses dergestalt aus, daß es unmittelbar nach dem Blitze stark einsetzte, sich allmählich senkte und vor dem Donner ganz verlor. Der Ton kam aber aus der Luft. Was Art und Stärke desselben betrifft, so weiß ich keinen besseren Vergleich als mit dem einer Kreissäge. Ich habe das Pfeifen sowohl im Zimmer als im Freien vor meiner am südwestlichen Abhange des Cavalierberges gelegenen Wohnung gehört, bei Tage wie bei Nacht. Auch Major Schuch, der mit mir dasselbe Haus bewohnt, hat es wahrgenommen, nachdem ich ihn darauf aufmerksam gemacht habe. Es mag wohl auch bei anderen Gewittern zu hören gewesen sein; indessen ist es mir nur bei den heftigen Gewittern im Mai und bei dem letzten starken Gewitter im September dieses Jahres (1886) aufgefallen. In allen diesen Fällen standen immer mehrere Gewitter am Himmel, das eine in der Richtung auf Giersdorf, das andere entweder über, beziehungsweise direct hinter dem Cavalierberge oder seitwärts nach Schmiedeberg zu.«

Da der pfeifende Ton an die Blitze gebunden war, hält es Reimann nicht gut für möglich, an ein vom Winde herrührendes Geräusch zu glauben. Andererseits kann er auch nicht direct von den Blitzen verursacht worden sein, da sein Anfang mit den Blitzen zusammenfiel und er bereits mit dem Donner endete. Es kann die Ursache nur in durch den Blitzstrahl verursachten Ausgleichen in der Luft, aus der das Geräusch herabkam, vielleicht in rückschlagähnlichen Vorgängen gesucht werden.

Eine Frage, die bereits wiederholt aufgeworfen wurde, aber trotzdem noch gegenwärtig einer bestimmten Antwort harrt, geht dahin, ob **Gewitter und Erdbeben** mit einander im Zusammenhange stehen oder nicht. Diesbezüglich ist zunächst einer Zusammenstellung von Daten zu gedenken, die, wie H. J. Klein berichtet, von Emil Kluge gesammelt wurden; leider erstrecken sich diese Angaben aber nur auf den sehr kurzen Zeitraum von 1850 bis 1857. Wir lassen sie nachstehend folgen:

Am 30. Juni 1851 fand ein Erdstoß zu Point à Pitre statt, dem unmittelbar ein starkes Ungewitter folgte. Am 22. Juli 1851 zwischen 10 und

11 Uhr Abends ein Erdstoß zu Köln, infolge eines aus Westen kommenden Gewitters. (?) Am 31. März 1852 der letzte Stoß der großen Erdbeben-Periode um den Vultur bei Melfi; kurze Zeit darauf brach ein furchtbares Ungewitter unter Blitz und Donner aus. Am 25. Juli 1852 ein Erdbeben in der ganzen Ostschweiz während eines heftigen Ungewitters. Am 29. Juli 1850 Erdbeben in der Schweiz, dem im Süden des Wallenstätter See's plötzlich ein heftiges Gewitter folgte. Am 28. October 1852 gegen $6^3/_4$ Uhr Morgens zwei starke Erdstöße zu Cheriban (Java) von Südwesten nach Nordosten. Die Nacht war das Wetter warm und bewölkt. Kurz nach dem Erdbeben erhob sich plötzlich ein starker Wind, gefolgt von großem Regen und an verschiedenen Punkten mit Donnerschlägen. Am 23. November 1852 kurz vor Mitternacht ein Erdbeben in Californien, dem ein starkes Gewitter folgte. Am 8. Februar 1854 während eines starken Gewitters ein Erdbeben zu Ragusa. Am 24. Juni 1855 gegen 6 Uhr Abends fühlte man zu Kövorden (Provinz Drenthe) während eines schrecklichen Gewitters mehrere Erdstöße, von denen nur der letzte stark war. Am 10. Juli 1854 zwei starke Erdstöße zu Panama, die auch im Norden von Venezuela gefühlt wurden, unter Blitzen und entferntem Donner. Am 18. Juli 1854 acht Erdstöße zu Guatemala. Nach zwei heftigen Stößen um 8 Uhr Abends bedeckte sich der Himmel mit Wolken, und glänzende Blitze durchzuckten ihn auf allen Seiten. Am 11. Juli 1854 während eines starken Ungewitters ein Erdbeben zu St. Gervais bei Sallenches. Am 21. October 1854 während eines starken Gewitters ein Erdbeben zu Ragusa. Am 31. März 1855 ein starker Erdstoß auf Java, der auch in Sumatra gefühlt wurde; ihm folgte ein heftiges Gewitter. Am 24. August 1855 um $12^3/_4$ Uhr Nachts starke Detonation und Erdstoß zu Visp, den man lebhaft auch in Sitten, Wangen, Turtmann, Brieg, Burg, Bern, Lausanne und Interlaken fühlte; drei oder vier Stöße vor Tagesanbruch und ein schwacher Stoß mit Detonation gegen 5 Uhr Abends. Vom 24. bis 26. August wüthete ein furchtbarer Gewittersturm mit Hagelschlag in einem großen Theile Europas. Am 9. October 1856 während eines starken Gewitters fand ein Erdbeben in Barcelona statt. Am 5. October 1857 Vormittags wurde zu Comrie bei Donner und Regen ebenfalls ein Erdstoß beobachtet.

Diesen von H. J. Klein veröffentlichten Daten, deren nicht über allen Zweifel erhabene Unsicherheit er selbst keineswegs verkennt, mögen einige Beobachtungen aus jüngster Zeit angeschlossen werden, welche sich gleichfalls auf den Zusammenhang zwischen Gewitter und Erdbeben beziehen.

Oberst Benoît hat über ein derartiges Ereigniß, einen Unfall, welcher einem seiner Untergebenen am 23. Februar 1887, zur Zeit des dritten Erd-

stoßes in Nizza zustieß, an die Pariser Akademie der Wissenschaften Bericht erstattet. Hiernach stand der Soldat Müller im bezeichneten Momente mit einem seiner Kameraden in einem zweiten Fort in telegraphischer Verbindung; im selben Augenblicke als er manipulirte, erhielt er einen heftigen Schlag, welcher ihn auf seinen Stuhl zurückwarf, wo er mehrere Minuten hindurch ganz betäubt verblieb. Der Zustand dieses Mannes nach dem Unfalle läßt keinen Zweifel über die elektrische Natur des Schlages zu, der, wie es scheint, auf keine andere Art als durch einen intensiven Erdstrom erklärt werden kann; hierauf deuten auch andere Störungen, welche zu dieser Zeit beobachtet wurden. Die photographischen Curven der magnetischen Registririnstrumente der meisten europäischen Observatorien weisen nämlich, wie Uppenborn mittheilt, zur Zeit des Erdbebens erhebliche Störungen auf. Die Anfangszeit derselben war in Frankreich, wo alle Beobachtungsinstrumente übereinstimmen und eine kurze Schwingungsdauer besitzen, genau dieselbe, nämlich 5 Uhr 45 Minuten Vormittags. Dagegen zeigten die Instrumente der übrigen Observatorien einen etwas späteren Eintritt der Erscheinung. Die Verzögerung beträgt für Utrecht 0 Minuten, für Greenwich und Kiew 2 Minuten, für Pola 3 Min., für Brüssel und Lissabon 4 Min., für Wilhelmshaven 6 Min. In Wien beginnt die Störung bei dem Bifilarmagnetometer um 3 Min. später als bei dem Declinometer. Die Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen ist nicht so groß, daß die Ursache hieraus mit Sicherheit bestimmt werden könnte, doch deutet die Schnelligkeit der Verbreitung auf einen elektrischen Ursprung hin, ebenso wie der vorerwähnte Unfall.

Sampieri veröffentlichte im »Nuovo Cimento« einige Aufsätze über Elektricität und Erdbeben; Veranlassung hierzu gab ihm eine durch einen Telegraphisten zu Savignano am 12. März 1873 gemachte Beobachtung.

Während des Empfanges einer Depesche verwirrten sich plötzlich die Zeichen und wenige Augenblicke darauf fand ein Erdbeben statt. Auf Sampieri's Publicationen hin sah sich die Telegraphen-Generaldirection veranlaßt, allen ihren Untergebenen die gleichzeitige Beobachtung der Erdbeben und der Erdströme aufzutragen. Nachstehend folgen nun die infolge dieses Auftrages eingegangenen Meldungen.

Zu Castrovillari zeigte die Nadel der Bussole am 1. August 1879 vom Beginn des Erdbebens an eine durch einen negativen Strom bewirkte Ablenkung von 8 Grad, welche nur nach und nach kleiner wurde, so daß die Nadel erst nach einer Stunde wieder auf Null kam.

Am 9. August 1879 beobachtete ein Beamter im Bureau zu Urbino eine Ablenkung der Nadel um 5 Grad, bewirkt durch einen negativen Strom, zu einer Zeit als das Amt mit keiner anderen Station in Verbindung stand;

einige Minuten darauf wurde ein Erdbeben in der Richtung von Südost nach Nordwest verspürt.

Des Morgens am 3. Februar 1880 beobachtete ein im Amte zu San-Godenzo (Linie Florenz, Rocca, San-Cassiano, Castrocaro-Forli) Bediensteter eine starke Unruhe der Bussolennadel, während die Apparate außer Thätigkeit sich befanden; kurz darauf trat ein undulatorisches Erdbeben in der Richtung Nord-Süd ein, während hierauf die Nadel eine Ablenkung von 14 Grad zeigte. Am selben Tage wurde auch in Urbino und Bologna ein Erdbeben beobachtet.

Am 2. März 1880 um 12 Uhr 31 Minuten Nachmittags beobachtete der im Amte von Spezzano-Albanese (Linie Lagonero, Mormano, Morano Calabro, Castrovillari, Spezzano-Albanese-Cosenza) beschäftigte Telegraphist wie die Nadel der Bussole langsam eine Ablenkung bis beiläufig 10 Grad gewann, bewirkt durch einen negativen Strom. Einige Secunden später fand ein Erdbeben statt. Bald darauf hörte er die Station Cosenza der Station Castrovillari ein Erdbeben melden. Am selben Tage um 6 Uhr 30 Minuten Morgens wurde auch in Foggia ein Erdstoß verspürt.

Sampieri hat die Beobachtung gemacht, daß der Strom, welcher bei Erdbeben auftritt, im allgemeinen negativ ist (entgegengesetzt jenem, welcher vom positiven Batteriepole aus in die Linie gesandt wird), d. h. daß es scheint, als ob ein Strom von der Erde kommen würde. Andererseits hat Professor Dominico Regona die gleichzeitig mit Erdbeben auftretenden elektrischen Ströme mit Hilfe eines sehr empfindlichen Galvanometers studirt, dessen eine Klemme mit der Erde, dessen zweite mit einer Eisenstange verbunden war, welche vertical auf dem Dache des Hauses stand und dabei beobachtete er kräftige Ströme, in der Richtung von der Erde in die Atmosphäre. Hält man beiderlei Beobachtungen zusammen und nimmt man, wie Sampieri, jene Theorie an, welche den Wasserdampf für positiv elektrisch hält, so würde man dann als Hauptursache der Erdbeben den plötzlich in sehr bedeutenden Mengen sich entwickelnden Wasserdampf zu betrachten haben.

Am 23. Februar 1887 beobachtete Rondoni in Mailand während des Erdbebens auf einer Linie, welche ganz von Norden nach Süden verläuft, einen Strom, während ein solcher auf einer Linie, die nahezu senkrecht auf die angegebene Richtung steht, nicht bemerkt wurde. — Am 11. März 1887 um 3 Uhr 18 Minuten verspürte man zu Bra drei Stöße in der Richtung von Südost nach Nordwest; die Nadel der Bussole zeigte während 7 Minuten einen negativen Ausschlag von 3 Graden.

Läßt sich nun auch nicht in Abrede stellen, daß die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen zum Theile nicht absolut verläßlich und in jedem

Falle zu wenig zahlreich sind, um gestützt hierauf, den Zusammenhang von Gewittern mit Erdbeben bestimmt auszusprechen oder zu erklären, so muß doch andererseits darauf hingewiesen werden, daß ein solcher Zusammenhang durchaus nicht als absolut unwahrscheinlich hingestellt werden darf; ob wir uns jedoch diesen Zusammenhang so vorzustellen haben wie Regona andeutet oder in anderer Weise, wird erst die Zukunft lehren.

Wenn in der Atmosphäre Gewitter sind, sagt Arago, treten gleichzeitig große Störungen im Innern der Erde, an der Oberfläche und in der Tiefe der Gewässer ein; diese Ansicht sucht der berühmte Gelehrte durch eine größere Anzahl von Beispielen zu begründen. Obwohl nun bislang der Zusammenhang und noch weniger die Art eines solchen Zusammenhanges derartiger Erscheinungen mit Gewittern keineswegs sichergestellt, beziehungsweise aufgeklärt erscheint, glauben wir die hierher gehörigen Phänomene dennoch nicht mit gänzlichem Stillschweigen übergehen zu sollen und geben daher einige Beispiele aus Arago's Sammlung im Nachstehenden wieder.

Wie Toaldo berichtet, gibt es auf den Hügeln des Vicentinischen, in geringer Entfernung von der Pfarrkirche in Molvena, einen Brunnen, welchen die Einwohner Bisoccio nennen, weil er in der That zwei Quellen einschließt. Wenn ein Gewitter sich vorbereitet, so fließt er, sogar nach langer Dürre, selbst zu Zeiten, wo er völlig trocken ist, plötzlich über und füllt einen breiten Graben mit sehr trübem Wasser an, das sich in die benachbarten Thäler ergießt.

In einiger Entfernung von Perpignan (Departement der Ostpyrenäen) hatte man einen artesischen Brunnen gebohrt, aus dem anfänglich eine große Menge Wasser hervorsprudelte. Diese Wassermenge nahm schnell ab, was die Umwohner der Ansammlung von Stoffen in dem untern Theile des Loches, der Bildung eines Pfropfens aus Erde zuschrieben. Eines Tages, als der Himmel sehr dicht mit Wolken bedeckt war, hörte man ein dumpfes unterirdisches Aufwallen, dem bald eine Explosion folgte, worauf der artesische Brunnen dieselbe Menge Wasser wieder lieferte wie zuvor.

Die Geschichtsschreiber und die Meteorologen sprechen von örtlichen Ueberschwemmungen, deren Wirkungen bei weitem größer zu sein scheinen, als man bei der mäßigen Quantität von Regen, welche aus den Wolken auf ein bestimmtes Gebiet fällt, erwarten könnte. Man hat in solchen Fällen meistens ungeheuere Wassermassen durch bis dahin unbekannte Oeffnungen aus dem Innern der Erde während kürzerer oder längerer Zeit hervorbrechen sehen und gibt ein heftiges Gewitter als Vorläufer und wahrscheinlich auch als die erste Ursache eines solchen Vorganges an. So waren z. B. genau die Umstände bei der Ueberschwemmung, welche im Juni 1686 die beiden Dörfer Ketlevell

und Starbotton in der Grafschaft York fast gänzlich zerstörte. Während eines Gewitters entstand in den benachbarten Bergen ein ungeheurer Spalt, und nach der Aussage von Augenzeugen trug die aus ihm ungestüm hervorbrechende Wassermasse mindestens eben so viel als der Regen zu jenen beklagenswerten Unfällen bei.

Im Jahre 1755 richtete eine plötzliche Ueberschwemmung in den meisten Theilen Piemonts entsetzliche Verwüstungen an. Der Po trat aus seinen Ufern. Fürchterliche Donner (orrendi tuoni sagt Beccaria) waren die Vorläufer des Unglücks. Allgemein hielt man die ungeheure Menge unterirdischen Wassers, das während eines Gewitters ganz plötzlich aus dem Schoße der Gebirge durch neu entstandene Oeffnungen hervorbrach, für die Hauptursache.

Am Mont d'Or in der Auvergne gibt es ein sehr altes Gebäude, in seiner Mitte mit einem steinernen Becken, das aus einem einzigen Blocke gehauen ist und den Namen Cäsar's Becken führt. Es ist drei Fuß weit und vier Fuß tief. In seinem Boden bilden sich zwei Löcher, durch welche zwei aus der Erde kommende Wassersäulen unter Aufwallen hervorsprudeln, d. h. unter Erzeugung eines Geräusches, einer Art von Aufstoßen, dessen Heftigkeit nach den oft wiederholten Beobachtungen des Doctor Bertrand zur Zeit von Gewittern sich beträchtlich steigert. Auch die Bewohner des Thales hatten in dem Geräusche der in dem Becken hervorsprudelnden Quelle ein, nach ihrer Aussage nie trügendes, Anzeichen eines bevorstehenden Gewitters gefunden.

Das plötzliche Hervortreten von solchen Wassermassen würde nach Arago's Ansicht nichts Außerordentliches bedeuten, wenn bewiesen wäre, daß während der Gewitter das Wasser sich mit den Wolken zu vereinigen strebt, und daß dieses Streben sich eben durch merkbare Anschwellungen kundgibt. Zur Stütze dieser Ansicht führt der berühmte Gelehrte nachstehende Beobachtungen an, welche an Bord des Paketbootes, der »New-York«, im April 1827 gemacht wurden. Während nämlich das Gewitter über dem Schiffe tobte, war das Meer in einem fortwährenden Aufwallen, das durch sein Aussehen den Glauben an das Vorhandensein mehrerer unterseeischer Vulcane hätte veranlassen können. Man bemerkte besonders drei Wassersäulen, die sich in die Luft erhoben, dann schäumend zurückstürzten und von neuem emporstiegen, um wieder zurückzufallen.

3. Der Hagel.

Zu den merkwürdigsten Naturerscheinungen, welche in Begleitung von Gewittern beobachtet werden, gehört der Hagel. Die ihm eigenthümliche Unregelmäßigkeit in der Art seines Auftretens und seiner Verbreitung, seiner

Form und sonstigen Beschaffenheit erschwert sehr die endgiltige Erklärung dieser Erscheinung. Der Hagel fällt in Form kleiner, halbzerflossener Eiskörnchen fast bei jedem Gewitterregen; er fällt aber auch in nußgroßen und noch größeren Stücken von bedeutender Härte, die dann alles zermalmen, was sie treffen; dabei ist die Menge des zur Erde geschleuderten Eises zuweilen eine ganz kolossale.

Angot erzählte über den Hagelfall vom 7. Mai 1865, der im Departement du Nord (namentlich zu Vend'huile und Câtelet) bedeutenden Schaden anrichtete, auf Grund des Berichtes einer nachträglich eingesetzten Commission, interessante Details. Hiernach erreichten die einzelnen Hagelkörner die Größe von Taubeneiern, zusammengefrorene Eisstücke selbst jene von Hühnereiern. Die Hagelmenge war so groß, daß durch sie der Ablauf des Wassers auf der Erde aufgehalten wurde; infolge des fortwährenden Wachsens dieses Hindernisses nahm der Regenbach bald die Form einer fortrollenden Woge an, die mit einer Höhe von mindestens zwei Meter, einer Lawine gleich, über die Straße stürzte.

Das merkwürdigste ist die an den obgenannten Orten gefallene Menge des Hagels. Ein kleiner Vorgraben des Canals Saint-Quentin erhielt ein solches Volumen von Wasser und Hagel, daß die Fluth die hohen Ufer überstieg; vor sich her schob sie einen gewaltigen Kohlenhaufen und zerstörte das Bett der schiffbaren Straße. Des anderen Tages Früh constatirte man, daß sich der Hagelniederschlag, bei einer durchschnittlichen Breite von 20 Meter auf eine Länge von 462 Meter erstreckt hat; die Höhe der Schicht überschritt an manchen Punkten fünf Meter, so daß also die auf die Erde gefallene Eismasse das ganz erstaunliche Volumen von 40.000 Kubikmeter ausmachte.

Stromabwärts von der Vend'huile-Brücke breiten sich die Wiesen von Ossec aus; diese waren auf zwei Kilometer Länge und 200 Meter Breite von mehr als 600.000 Kubikmeter Hagelkörner bedeckt, welche am 13. Mai, also sechs Tage nach dem Hagelfall noch nicht verschwunden waren. Hierzu muß noch bemerkt werden, daß diese enorme Hagelmenge nur jenen Theil des gefallenen Eises darstellt, welcher, aufgehalten durch die Bäume, Gesträuche, Dämme und Häuser des Ortes Ossec, nicht durch das Wasser fortgeführt werden konnte.

Ueber einen, durch seine lange Dauer besonders auffallenden Hagelschlag, beobachtet zu Gießen am 1. Juni 1886, hat C. Fromme in der Meteorologischen Zeitschrift ausführlich berichtet.

Nachdem am Mittag des 1. Juni eine unerträgliche Schwüle geherrscht hatte, zogen um 3 Uhr Gewitterwolken aus Südsüdwest herauf, welche gegen $3\frac{1}{2}$ Uhr die ersten Regentropfen unter anhaltendem, aber schwachem Donner

fandten. Kurz vor 4 Uhr mischten sich in den Regen kleine, bis 1 Centimeter dicke Hagelkörner, welche allmählich dichter fielen, und deren Größe fortwährend wuchs bis zu einer Dicke von 3 Centimeter, während zugleich ein strömender Regen niederging, welcher alle Straßen fast unter Wasser setzte. Das Unwetter ließ dann auf kurze Zeit nach, wiederholte sich aber bald wieder heftiger als zuvor. Dabei wuchs wiederum die Größe des Hagels von kleinen Stückchen an bis zu schließlich 4 Centimeter dicken Stücken. Wieder ließ das Wetter für kurze Zeit nach, dann aber brach, bei hellem Sonnenschein, ein derartiger Hagelfall mit stärkerem Regen los, daß der Erdboden vollkommen weiß wurde. Erst um $5^3/_4$ Uhr war das Unwetter definitiv abgezogen.

Während der ganzen Zeit stand das Thermometer auf 19 Grad Celsius, die Windstärke war gering, nur zeitweise frischte der Wind auf, namentlich in den Pausen, so daß vertical stehende Fensterscheiben nur in geringer Anzahl zerstört wurden, während dagegen die Zahl der zerschlagenen unter den schräg-stehenden Scheiben eine enorme ist. Die Richtung des Windes ging während des Wetters von Süd nach Ost und Nordost und war auf kleinem Raum sehr verschieden. So zeigten die Rauchsäulen zweier um 10 Minuten in nord-südlicher Richtung entfernter Fabrikskschornsteine fast entgegengesetzte Wind-richtungen an. Die Ausdehnung des Hagelwetters war denn auch eine geringe; es erstreckte sich in der Breite (Südost—Nordwest) auf circa $1^1/_2$ Wegstunden, in der Länge (Südwest—Nordost) auf circa 2 Wegstunden. Es begann an der südlichen Grenze der Gießener Gemarkung. Die elektrischen Entladungen während des Hagelwetters waren unbedeutend. Die Intensität des Hagel-falles aber wird man daraus beurtheilen können, daß noch am Mittag des 2. Juni in der Stadt überall Haufen von Hagelkörnern zu finden waren, obwohl die Temperatur in der Nacht nur auf 12 Grad Celsius fiel und Morgens um 9 Uhr schon wieder 20 Grad Celsius erreicht hatte. Durch seine lange Dauer aber dürfte dieser Hagelschlag vielleicht einzig dastehen. (Es muß hierzu bemerkt werden, daß in dem bereits mehrfach erwähnten Berichte H. Mayer's über die Gewitter des oberen Leinethales am 1. Juni 1886 gesagt wird: Die Hagelschauer haben stellenweise eine Stunde und darüber angedauert.)

Am 23. Juli 1886 ging von 12 Uhr Mittags bis fast gegen 6 Uhr Abends über Trautenau, Basnitz, Hohenbruck, Regnitz, Altenbuch, Weigels-dorf, Pilsdorf ein fürchterliches Gewitter nieder. Der Hagelfall währte etwa drei Stunden mit kurzen Unterbrechungen. Der Blitz schlug oftmals ein u. s. w.

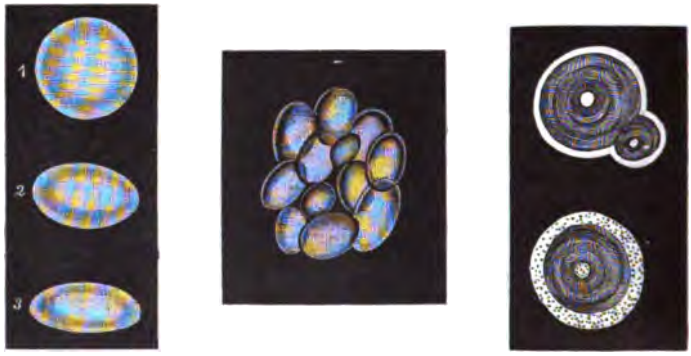
Am selben Tage ging über einen Theil des Nikolsburger, Kromauer und Znaimer Bezirkes ein fürchterliches Unwetter nieder. Während einer

Viertelstunde fielen nußgroße bis hühnereigroße Schlossen. Sämmtliche am Halme stehende Feldfrüchte der Ortschaften Leipertitz, Treskowitz, Großbach, Taitz, Kronau und Grillowitz wurden vernichtet. Im Karlshofe bei Großbach wurde einem Kinde durch den Hagel die Schädeldecke eingeschlagen.

Ebenfalls am selben Tage ging über Mattersdorf und Umgebung ein furchtbarer, mit Hagelschlossen in der Größe von Hühnereiern gemengter Wolkenbruch nieder, der an den Culturen großen Schaden anrichtete. Der Hagel fiel bei der Einfahrt eines Eisenbahnzuges in die Station derart dicht, daß die Reisenden nicht auszusteigen wagten und sich zur unfreiwilligen Fahrt bis zur nächsten Station bequemen mußten.

Am 15. Mai 1887 ging über Marchegg ein furchtbares Hagelwetter

Fig. 118. Fig. 119. Fig. 120.



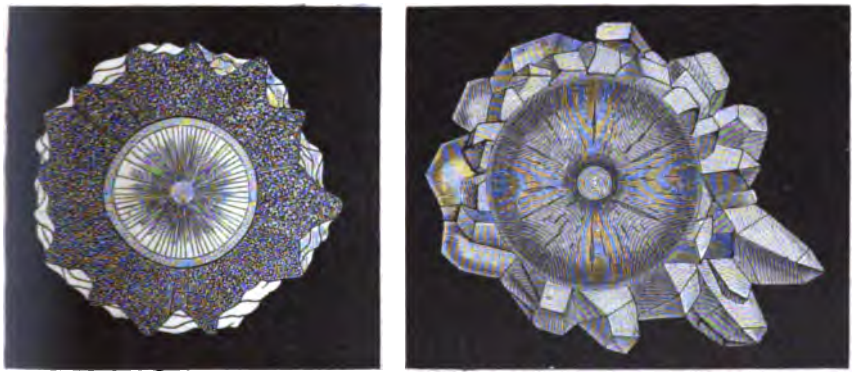
Formen der Hagelkörner.

nieder — eines solchen kann man sich schon seit Jahrzehnten nicht erinnern — welches die hoffnungsvolle Kornernte in der Ried »Auf der Haide« vollständig vernichtete. Der Schaden, welcher auf mindestens 20.000 Gulden geschätzt wird, ist um so empfindlicher, da keiner der Beschädigten versichert war. Auch aus Gmünd wurde gemeldet, daß um 5 Uhr Nachmittags daselbst ein Hagelwetter niedergegangen ist, bei dem Schlossen von 35 Millimeter Durchmesser gefallen sein sollen.

Was nun die Hagelkörner selbst anbelangt, so sind diese in Bezug auf ihre Form, Größe und sonstige Beschaffenheit sehr verschieden. Sie wurden näher hierauf untersucht von Harting, Delcros, Abich, H. Meyer, C. Fromme u. A.; Müller hat in seiner kosmischen Physik lehrreiche Abbildungen einzelner Formen gebracht, die in den Figuren 118 bis 122 wiedergegeben sind. Hiernach sind die Hagelkörner zumeist nicht kugelförmig, wie Nr. 1 in Fig. 118, sondern mehr ellipsoidisch wie Nr. 2, oder auch abge-

plattet, wie Nr. 3. Ihre Oberfläche ist entweder platt oder mehr oder weniger mit warzenförmigen Erhöhungen besetzt. Harting hat die bei einem Hagelwetter am 9. September 1846 zu Utrecht gefallenen Körner näher untersucht und gibt folgende Beschreibung derselben. Spaltet man ein Hagelkorn mit einem scharfen Messer, so zeigt sich in der Mitte desselben ein weißer undurchsichtiger Kern, welcher durch ein Vergrößerungsglas betrachtet, aus kleinen Eiskryställchen und eingeschlossenen Luftbläschen zusammengesetzt erschien. Rings um diesen Kern befand sich eine aus dichterem glasigen Eise bestehende Schicht, welche den größten Theil des Steines ausmachte. Bei näherer Betrachtung entdeckte man, daß diese Eismasse aus einer Anzahl verschiedener Schichten

Fig. 121. Fig. 122.



Formen der Hagelkörner.

bestand, welche, wie die Schalen einer Zwiebel, den Kern meistens nicht ganz umgeben, wie dies in Figur 120 dargestellt ist. Jedes Korn war endlich wiederum von einer weißen undurchsichtigen Schicht umgeben, die im Bau mit dem des Kernes übereinkam, und zahlreiche Luftbläschen einschloß. Manche Hagelsteine enthalten zwei, Figur 120, oder auch drei Kerne.

Bringt man ein Hagelkorn unter das Mikroskop, so nimmt man nach Harting, während es langsam schmilzt, wahr, daß das Eis aus 0·2 bis 0·1 Millimeter im Durchmesser haltenden Kügelchen besteht, die theilweise aber auch länglich sind, Figur 119, und zwischen denen man hier und da kleine Luftbläschen beobachtet.

Hagelkörner, wie sie Delcros am 4. Juli 1819 zu La Braconnière, Departement Mayenne, beobachtete, stellt Figur 121 in $^1/_2$ der natürl. Größe im Durchschnitt dar. Den kleinen centralen Kern umschloß ein größerer, aus einer strahligen, weißen, undurchsichtigen Masse bestehender, welcher wieder von einer

Schicht durchsichtigen Eises umgeben war. Die äußere Oberfläche wurde durch zahlreiche, pyramidenförmige, mit den Spitzen nach außen gekehrte Stücke gebildet, welche aus dichtem durchsichtigen Eise bestanden, in dem strahlenartige Streifen sichtbar waren. Diese äußere Zone durchsichtigen Eises ist in unserer Figur durch dunklere Schattirung ausgezeichnet.

Aehnlich diesen Hagelsteinen sind jene, welche Abich am 9. Juni 1869 in der Nähe von Tiflis beobachtet hat; die Abbildung eines der letzteren in natürlicher Größe, ist in Figur 122 wiedergegeben. Der centrale Theil des Hagelkornes stellt einen sphäroidalen, in der Mitte gleichmäßig von beiden Seiten her eingedrückten Körper von reinem, aber wegen eingeschlossener Luftblasen undurchsichtigem Eise dar, dessen Aequatorialdurchmesser gegen 3 Centimeter betrug. Auf diesem Centralkörper erhoben sich nun, und zwar vorzugsweise innerhalb des größten Kreises des Sphäroids, theils vereinzelte, theils zusammengedrängte Krystalle von durchsichtigem Eise, deren Kanten durch Schmelzung nur schwach abgerundet waren. Das rhomboëdrische System erschien in diesen Krystallen in mannigfaltigen Abänderungen deutlich repräsentirt.*)

Am 4. Mai 1887 ging über Warschau und Umgebung ein Hagelwetter von seltener Heftigkeit nieder. G. Tissandier erhielt hierüber von zwei Seiten Mittheilungen, die unser Interesse verdienen. Die eine stammt vom Grafen Victor Soltau und hat nachstehenden Inhalt.

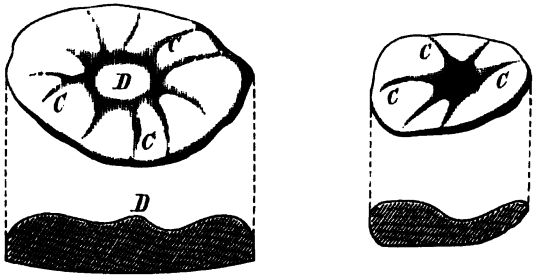
Die Stadt Warschau wurde am 4. Mai gegen 3 Uhr 35 Minuten Nachmittags von einem Hagelwetter heimgesucht. Die Heftigkeit des Wetters

*) Ueber die Polarisationsverhältnisse des Hageleises hat Müller einige vorläufige Versuche, bei Gelegenheit eines am 31. August 1871 zu Freiburg i. B. stattgefundenen Hagelwetters angestellt. — Wurden hierbei 2 bis 3 Millimeter dicke, mit parallelen Flächen versehene Platten von Hageleis auf das mittlere Tischlein des Nörrembergischen Polarisationsapparates gelegt und durch ein Nicol betrachtet, dessen Schwingungsebene rechtwinklig stand zu der des Polarisationsspiegels, so erschien die ganze Oberfläche gesprengelt, d. h. sie erschien in kleine, unregelmäßig begrenzte, schwach aber ungleich gefärbte Fleckchen getheilt. Das Ansehen der Platte blieb im Wesentlichen dasselbe, wie man auch das Nicol um seine Axe oder die Platte in ihrer Ebene drehen mochte. Es fanden dabei an den verschiedenen Stellen der Oberfläche unbedeutende Aenderungen der Helligkeit und der Farbe statt.

In dünnen, ungefähr nur $^1/_2$ Millimeter dicken Platten von Hageleis erschienen bei gekreuzten Nicols einzelne größere, lebhafter gefärbte (Farben 2. und 3. Ordnung) Stellen durch breite dunkle Zwischenräume getrennt, ohne daß jedoch irgend eine scharfe Begrenzung stattgefunden hätte. Die farbigen Partien verhielten sich wie gespaltene Gypsplättchen. Daraus geht aber hervor, daß die Hagelkörner keineswegs aus amorphem Eise bestehen, sondern daß sie aus krystallisirten Eisstücken zusammengesetzt sind, welche bunt durcheinander nach den verschiedensten Richtungen orientirt sind.

verdient ebenso unsere Beachtung als die Form der Hagelkörner, die man aus den Figuren 123 und 124 ersehen kann. Sie waren nicht rund, sondern ziemlich unregelmäßig begrenzt, zumeist abgeplattet und in der Mitte kreisförmig oder ringförmig vertieft. Die von dieser Einsenkung gegen den Umfang des Kornes verlaufenden Linien C waren sehr deutlich zu sehen und mit diesen stimmte die Richtung der Krystallisation überein. Der Centralkern D löste sich zuweilen los und bildete dann eine ziemlich runde Kugel mit radialer (nicht concentrischer) Structur. Die Luft war nach dem Gewitter, welches übrigens nicht mehr als 20 Minuten gedauert hat, durchaus nicht abgekühlt. Einige Minuten nach dem Gewitter füllten sich die Rinnsteine auf den Straßen sehr merkbar mit fast schwarzem (aber nicht trübem) Wasser. Diese Erscheinung wiederholte sich in jeder Straße, durch die ich ging.

Fig. 123. Fig. 124.

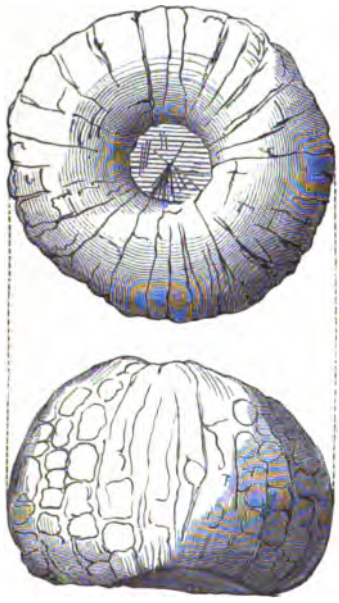


Hagelkörner, gefallen zu Warschau am 4. Mai 1887.
Ansicht und Durchschnitt.

Die ersten Hagelkörner fielen um 3 Uhr 26 Minuten Nachmittags und der Hagelfall überhaupt dauerte nicht länger als 7 Minuten; das Gewitter als solches war nach 20 Minuten vollkommen zu Ende, nur leichter Regen dauerte noch einige Zeit an. Die Temperatur, welche vor dem Gewitter im Schatten 25 Grad Celsius überschritten hatte, sank nur um 5 Grade. Es waren zwei übereinandergehende Windströmungen deutlich zu beobachten: ein Ostwind, welcher am Morgen herrschte, und ein Westwind, der dem Phänomen kurz vorherging. Der elektrische Zustand der Atmosphäre war ein derartiger, daß die Benützung der Telephons unmöglich wurde. Dem Hagelfalle selbst ging eine ganz ungewöhnliche Dunkelheit vorher, auf welche ein trockenes, knatterndes Geräusch folgte, ähnlich einem Musketenfeuer. Die Richtung des Hagelfalles war west-östlich, die Neigung gegen den Horizont sehr gering. Die schwersten Körner wogen beiläufig 65 Gramm.

Die durch den Hagelfall angerichteten Verwüstungen überschritten weit alle Voraussetzungen. Mehr als 500.000 Fensterscheiben wurden eingeschlagen, die Gemüsegärten vollständig zerstört, Zink- und Eisenblech-Bedachungen durchlöchert und viele Personen schwer verletzt (eine derselben ist gestorben). Man erinnert sich an ein solches Hagelwetter seit 19. Juli 1857 nicht mehr. Die in den Gärten allein verursachten Schäden werden auf die sehr erhebliche Summe von 100.000 Rubeln geschätzt.

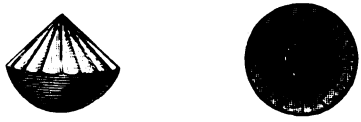
Fig. 125.



Hagelkorn, gefallen zu Warschau am 4. Mai 1887.

Der Chemiker Stanislaus Dangel sandte an Tissandier nachstehenden Bericht: Am 4. Mai betrug in Warschau die Temperatur 15° C., Mittags 25° C., bei einem Barometerstande von 740 Mm. Von Mittag an wehte ein heftiger Südostwind, der auch bis zu Ende der Katastrophe anhielt. Um 4 Uhr Nachmittags begann der Hagelfall, indem einzelne große Körner fielen; in wenigen Augenblicken gewann er eine ganz unerhörte Heftigkeit und zerschlug in sämmtlichen Gebäuden sämmtliche Fenster der Westseite, durchlöcherte die Bleche der Dächer, zerstörte Alles, was ihm im Wege stand und verwundete Menschen und Thiere, welche das Unglück hatten, auf der Straße überrascht zu werden.

Fig. 126. Fig. 127.



Hagelkörner, gefallen zu Amiens am 19. December 1884.

Der Hagelfall dauerte nicht länger als 5 bis 6 Minuten. Die Körner, welche gesammelt wurden, wogen 9 bis 25 Gramm. Figur 125 wurde von einem meiner Freunde nach der Natur skizzirt. Die gesammelten Körner zeigten zwar verschiedene Formen, glichen aber doch zumeist den Liebesäpfeln.

C. Decharme berichtete über einen Hagelfall und die hierbei beobachteten Hagelkörner in einem Schreiben vom December 1884 folgendes: Ein heftiger Sturm (Nordwest) begleitet von Blitz und Donner, reichlichem Regen, Graupen- und schließlich Hagelfall wurde am 19. December zu Amiens beobachtet und zwar zuerst während der Nacht und dann gegen 11 Uhr Vor-

ittags; die größten Hagelkörner erreichten hierbei einen Durchmesser von 3 bis 15 Millimeter. Die Hagelkörner, deren Fall über eine Minute gedauert atte, besaßen die Form einer Pyramide mit kugelförmiger Basis (Fig. 126); er Winkel an der Spitze betrug ungefähr 120 Grade. Sie waren schneeweiß nd fast undurchsichtig; der Querschnitt (Fig. 127) zeigte in der Mitte einen tern, der noch undurchsichtiger war, als die übrige Eismasse.

C. Fromme hat während des oben erwähnten Hagelwetters in Gießen am 1. Juni 1886 eine große Anzahl von Stücken auf ihren Bau geprüft und ist hierbei zu nachstehenden Resultaten gelangt.

Die Form der Körner ist selten vollkommen kugelig, sondern die kleineren Stücke haben häufig stumpfkegelförmige Gestalt mit gewölbter Basis, und die größeren erscheinen vielfach in einer Richtung zusammengedrückt, auch wenn man sie sofort aufnimmt, ehe sie auf dem warmen Erdboden einseitig abschmelzen. Die Oberfläche ist bei den kleineren ziemlich regelmäßig, bei den größeren trägt sie Auswüchse von bis zu 1 Centimeter Höhe. Auch von solchen Auswüchsen, in denen Fromme die von Hagenbach beschriebenen Eiskrystalle nicht hat erkennen können, abgesehen, ist die gesammte Oberfläche eines größeren Hagelstückes mit Warzen besetzt, welche zwischen sich nur ganz enge Rinnen lassen.

Bei den kleinen Stücken findet sich ein unbedeutender matter Kern, welcher von einer dickeren Hülle durchsichtigen Eises umgeben ist. Um diese schließen sich dann in großer Regelmäßigkeit abwechselnd undurchsichtige und durchsichtige Kugelschalen von etwa gleicher Dicke (durchschnittlich $\frac{1}{2}$ bis 1 Millimeter dick). Solche Schichten wurden im Ganzen häufig fünf gezählt. Die äußerste Schale ist immer matt und gewöhnlich dicker als die inneren. Häufig ist nur etwas mehr als ein Octant der Hagelkugel vorhanden, der Kern liegt dann nahe an der Oberfläche. Auch bei den dickeren Stücken findet sich vielfach ein nur kleiner matter Kern, umgeben von abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen Schalen gleicher, jedoch dann größerer Dicke. Die matte äußerste Schale ist immer von großer Ausdehnung. Bei der Mehrzahl der dicken Stücke aber wird ein starker, matter Kern von circa 7 Millimeter Dicke nur von einer, mehr oder weniger ausgedehnten Schale klaren Eises umschlossen, um welche sich dann eine immer viel stärkere Wandung von undurchsichtigem Eise legt. Bei einer Anzahl dicker Stücke war die zwischen dem undurchsichtigen Kern und der undurchsichtigen äußeren Schale gelegenen Schicht klaren Eises jedoch nur sehr dünn. Der Kern ist zuweilen gegen die ihn umgebenden Schalen sehr excentrisch gelegen. Bei sorgfältiger Beobachtung entdeckt man aber auch in dem Kern und der äußeren Schale noch feine concentrische Schichten klaren oder doch klareren Eises, so

daß sich also die mehrfache Schalenstructur der kleineren Körner auch bei den dicksten in modificirter Form wiederfindet. Die mittlere Schicht klaren Eises bei den dicken Stücken ist nicht frei von Lufteinschlüssen, welche als kleine, kurze, nach dem Centrum gerichtete Nädelchen erscheinen.

Die schon erwähnte Warzenbildung auf der äußeren Oberfläche findet sich nun fast überall auch bei den inneren Schichten, wie in einem durch das Centrum geführten Schnitt an den ausgebuchteten Begrenzungen der Schichten zu erkennen ist. Durch diese Buchten aber führen, die matten Schichten durchbrechend, in radialer Richtung zarte Gänge klaren Eises, welche ausschließlich an der Oberfläche in den Vertiefungen zwischen den Warzen ausmünden.

Das größte Gewicht eines Hagelstückes, welches Fromme in Erfahrung bringen konnte, betrug genau 50 Gramm; das Durchschnittsgewicht von zehn Körnern bestimmte ein Beobachter zu 29 Gramm.

Die Structur der Hagelkörner, welche bei den Gewittern im oberen Leinethale am 1. Juni 1886 fielen, entsprach, wie H. Meyer berichtet, der Abbildung in Figur 121, Seite 367, nur waren die Körner an der Oberfläche ziemlich glatt und wenig höckerig.*)

Was die Größe der Hagelkörner anbelangt, so sind in Sieboldshausen solche in der Größe von Hühner- und Gänseeiern bei Windstille mit einer Wucht gefallen, daß dadurch zahlreiche Dachziegel zerschlagen worden sind. Göttingen wurde nur von den Seitenflügeln dieser Gewitter gestreift, dennoch ist die Regenhöhe hier eine so große gewesen, wie sie bislang noch nicht beobachtet worden ist. Es wurden Hagelsteine bis zu 7 Gramm und 25 Millimeter Durchmesser gefunden. Das Durchschnittsgewicht einer größeren ohne Auswahl gesammelten Anzahl betrug 4 Gramm.

Es ist höchst merkwürdig, welche Größe einzelne Hagelkörner zuweilen erreichen können; man muß jedoch bei den fast alljährlich diesbezüglich wiederkehrenden Berichten wohl unterscheiden zwischen einzelnen Hagelkörnern und zusammengesinterten und gefrornen Eismassen. Einer Zusammenstellung Kämtz's sind nachstehende Angaben über besonders große Hagelkörner entlehnt. Nach Halley sammelte man am 29. April 1697 in Flintshire Hagelkörner, welche 120 bis 130 Gramm wogen, und am 4. Mai desselben Jahres maß Taylor in Stratfordshire Körner, welche einen Umfang von 30 Centi-

*) Dr. Rinne hat ein Hagelkorn optisch untersucht: »Ein Hagelkorn, das etwa 2 Centimeter breit und einen halben Centimeter dick und kreisförmig gestaltet war, zeigte im Nörrembergischen Polarisations-Instrumente, auf die Kreisfläche gelegt, sehr deutlich den centrischen Austritt der optischen Axe. Doppelbrechung schwach, positiv. Da das Interferenzbild recht regelmäßig war, haben wohl alle Eistheilchen parallel gelegen, und zwar mit ihrer optischen Axe senkrecht zur Kreisfläche, welche OP. entsprach.«

meter besaßen. Montignot und Tressan sammelten zu Toul am 11. Juli 1753 Hagelkörner von unregelmäßig polyedrischer Form mit einem Durchmesser von 8 Centimeter. Musschenbroeck beobachtete im Jahre 1736 zu Utrecht einen Hagelfall, bei welchem fast jedes Korn die Größe eines Taubeneies besaß; zusammengefrorene Stücke erreichten die Größe von Hühnereiern. Noeggerath sammelte am 7. Mai 1822 Hagelkörner, welche 190 Gramm wogen, Muncke im Jahre 1811 in Hannover solche, mit 120 Gramm. — Während eines Hagelfalles, welcher am 13. August 1832 an den Ufern des Rheines große Verwüstungen anrichtete, fielen nach Voget zu Heinsberg Körner im Gewichte von 90 Gramm, zu Randerath im District Geilenkirchen solche mit 120 bis 240 Gramm, man behauptete sogar solche, die 500 Gramm wogen. Zu Elberfeld erreichten die Hagelkörner die Größe von Hühnereiern. In Constantinopel fielen während eines Hagelwetters am 5. October 1831 faustgroße Eisstücke; einzelne wogen eine halbe Stunde nach dem Falle noch 500 Gramm.

Im Innern der Hagelkörner hat man zuweilen kleine Stückchen Stroh, in Island sogar vulcanische Asche eingeschlossen gefunden. Man erzählte auch von in der Nähe von Orenburg im Jahre 1824 gefallenen Hagelkörnern, welche als Kerne Eisenerze besessen haben sollen; im Jahre 1825 sei im selben Bezirke abermals ein derartiger Hagel mit Steinkernen gefallen, und theilt Arago sogar eine Analyse der letzteren mit. Arago und auch Kämtz neigen sich jedoch der Ansicht zu, daß diese unverbürgten Nachrichten als Erfindungen zu betrachten sind.

Ein Hagelfall möge noch Erwähnung finden, der des auffallenden Aussehens der Hagelkörner wegen Interesse erregt. Wie A. Ernst*) mittheilt, fiel am 17. April in El Totumo (9° 25′ N., 68° 5′ W.), nicht weit von der Stadt Tinaco, Staat Zamora, Venezuela, nach einem schweren Gewitter Hagel. Derselbe war sehr dicht, und manche Körner wogen 60 Gramm; es ist dies an sich schon bemerkenswert, da Hagel in tropischen Gebieten bei geringer Seehöhe außerordentlich selten ist. Das auffallendste war jedoch, daß die Hagelkörner nur zum Theile weißlich waren, zum Theile aber rosa und blau. Farbiger Hagel soll nach Ernst's Meinung bisher nur in Minsk am 14. Juli 1880 beobachtet worden sein, und auch damals zeigten die Körner dieselben Farben wie in El Totumo. Schwedof führte seinerzeit diese Färbung auf Beimengungen von Kobalt- und Nickelsalzen zurück. Der Berichterstatter aus El Totumo ist nach Ernst's Ausspruch ein durchaus zuverlässiger Beobachter, so daß an der Richtigkeit der Beobachtung kein Zweifel bestehen kann. Leider ist keine chemische Analyse vorgenommen worden.

*) Meteorologische Zeitschrift 1886.

Der Hagel tritt stets in Begleitung von Gewittern auf und geht häufig dem Gewitterregen voran oder begleitet denselben; seltener folgt er diesem. Abgesehen von außergewöhnlichen Hagelfällen, ist die Zeitdauer eine geringe; die Hagelwetter dauern gewöhnlich nur einige Minuten, selten eine Viertelstunde lang. Form und Aussehen der Hagelwolken sind zwar im allgemeinen sehr mannigfaltig, doch grenzen sich die Hagelwolken häufig ziemlich scharf von dem übrigen Gewölke ab und zeichnen sich vor diesem durch ein in das Gelbliche spielendes Grau aus.

Schon Aristoteles und Lucretius erzählten, daß lange vorher ein eigenthümliches Geräusch zu hören sei, sobald sich eine Hagelwolke dem Zenith nähert. In der That wurden diese Angaben auch durch neuere Beobachtungen bestätigt. Tessier vernahm das Hagelgeräusch vor dem eigentlichen Hagelfalle am 13. Juli 1788 in Frankreich, Kalm am 30. April 1744 zu Moskau. Wie bereits weiter oben (S. 256) erwähnt, wurde auch in dem Berichte H. Meyer's über die Gewitter im oberen Leinethale am 1. Juni 1886 erzählt, daß das dem Hagel vorausgehende eigenthümliche Geräusch vielfach beobachtet worden ist. Es wird daselbst bezeichnet als »mächtiges Brausen in dem Gewitter«, als »furchtbares Rauschen«, »entsetzliches Getöse«, als »Fluggeräusch einer Anzahl Tauben«, als »Brausen eines dahinrollenden Eisenbahnzuges« u. s. w. Des Hagelgeräusches gedachte auch Graf Soltau in seinem Berichte über den Hagelfall zu Warschau am 4. Mai 1887. (S. 369.)

Hagelfälle sind zu allen Stunden des Tages und der Nacht beobachtet worden, doch fallen sie zumeist mit den heißesten Tagesstunden zusammen. Die Vertheilung der Hagelwetter in Bezug auf die Jahreszeiten ist aus nachstehender, von Kämtz entworfenen Tabelle ersichtlich, deren Zahlen Percente ausdrücken:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
England . .	45·5	29·5	3·0	22·0
Frankreich . .	32·8	39·4	7·0	20·7
Deutschland .	10·3	46·7	29·4	13·6
Rußland . .	9·9	35·5	50·6	13·0

Ueber die Häufigkeit der Hagelwetter in verschiedenen Ländern läßt sich zur Zeit noch wenig Zuverläßliches angeben. Im allgemeinen treten Hagelwetter im westlichen Europa häufig auf und nehmen an Zahl und Intensität ab mit der Entfernung vom Ocean, also in der Richtung gegen Osten. Es kommt nicht selten vor, daß einzelne Ortschaften alljährlich von dieser Geißel heimgesucht werden, während unmittelbar daneben gelegene Land

striche davon gänzlich verschont bleiben. So hatte z. B. die Landschaft am Mont d'or in zwanzig Jahren nur einen Hagelfall zu verzeichnen, während im benachbarten Clermont alljährlich mehrere Hagelfälle eintraten. Aenderungen in der Cultur eines Landstriches bedingen ebenfalls ein anderes Verhalten. Zu Casalberc in Unteritalien wurde z. B. nie Hagelwetter beobachtet; als aber ein bewaldeter Bergabhang abgeholzt und beackert wurde, hagelte es alljährlich.

In C. Ferrari's bereits mehrfach erwähnten Gewitterstudien in Italien*) sind auch die von Hagelfällen begleiteten Gewitter besonders bearbeitet. Berechnet man für dieselben den Percentsatz, welchen sie von den Gewittermeldungen überhaupt bilden, so ergibt sich, daß auf dem Gesammtgebiete 18·47 Percent aller elektrischen Entladungen von Hagelschlag begleitet waren, und daß sich in dieser Beziehung für die einzelnen Monate folgende Vertheilung herausstellt:

Februar	41·67	Percent	August	15·96	Percent
März	12·90	»	September	10·58	»
April	21·96	»	October	23·03	»
Mai	22·73	»	November	2·63	»
Juni	18·82	»	December	50·00	»
Juli	20·88	»			

In Ober- und Mittel-Italien waren also die zwar seltenen Wintergewitter in der Hälfte ihrer Häufigkeit von Hagelschlägen begleitet, wogegen dies im Frühling und Herbst selten eintrat. Selbstverständlich kann diese für das Jahr 1880 constatirte Thatsache noch nicht als allgemein giltig hingestellt werden.

Nach Provinzen angeordnet, ergab die jährliche Häufigkeit der Gewittererscheinungen, welche von Hagel begleitet waren, folgendes Resultat:

	Percente		Percente
Novara	21·52	Piacenza	33·7
Torino	18·50	Parma	11·43
Cuneo	20·76	Reggio Emilia	19·64
Alessandria	18·18	Modena	24·27
Porto Maurizio	25·26	Ferrara	16·00
Genova	20·37	Bologna	20·91
Como	24·05	Trentino	18·87
Milano	18·86	Ravenna	11·77

*) Meteorologische Zeitschrift 1884.

	Percente		Percente
Pavia	26·25	Forli	14·00
Sondrio	14·67	Pesaro	16·67
Bergamo	28·30	Ancona	31·25
Brescia	20·72	Massa Carrara	37·50
Cremona	17·00	Lucca	25·00
Mantova	14·40	Firenze	25·92
Verona	28·21	Livorno	12·20
Vicenza	12·27	Pisa	11·76
Padova	12·88	Siena	30·43
Rovigo	9·24	Arezzo	6·25
Belluno	18·71	Grosseto	27·27
Treviso	27·87	Perugia	8·53
Venezia	15·00	Roma	12·88
Udine	23·47		

Sieht man von den Provinzen Rovigo, Arezzo und Perugia, deren Hagelpercentsatz 10 nicht erreicht hat, ab, so kann die nächste Umgebung des Po als verhältnißmäßig immun bezeichnet werden, während von da die Hagelhäufigkeit wieder mit zunehmender Ortshöhe zu steigen scheint, jedoch nur bis zu gewisser Höhe, so daß die dem Südabhange der Alpen zunächst liegenden Provinzen Torino, Sondrio und Belluno sowie das Trentino wieder unter 20 Percent ergaben. Die häufigsten Hagelschläge trafen auf Siena, Ancona, Piacenza und Massa Carrara.

Man hat sehr häufig beobachtet, daß die Hagelschläge trotz ihres heftigen Auftretens und des sie gewöhnlich begleitenden Sturmes doch zumeist auf engumschriebene Flächen beschränkt sind. Wenige Myriameter vom Orte des Hagelfalles beobachtet man nicht einmal Wind. Häufig erstreckt sich der Hagelschlag auf langgestreckte relativ schmale Streifen. Dieser Eigenheit gedachte bereits Musschenbroeck, und sie fand in neueren Beobachtungen ihre Bestätigung. Ein Hagelschlag, welcher am 24. Juli 1818 die Inselgruppe der Orkaden traf, erreichte eine derartige Ausbreitung. Der Hagelsturm vom 13. August 1832 kam aus Holland, überschritt die Maas und zerstörte alle Ernten dem Rhein entlang in einer Ausdehnung von 9 bis 10 Myriameter bei einer Breite von 1 bis 1½ Myriameter. Sehr lehrreich in Bezug auf die Ausbreitung eines Hagelwetters ist jenes vom 13. Juli 1738. Diesem Gewittersturme, der Frankreich und Holland durchzog, ging eine auffallende Verfinsterung des Tageslichtes voraus. Das Hagelwetter selbst pflanzte sich mit einer Geschwindigkeit von 66 Kilometer per Stunde in zwei parallelen Streifen fort, welche von Südwest nach Nordost gerichtet waren. Der östliche

schmälere Streifen erreichte als größte Breite 3, als geringste $^3/_5$ Meilen; der westliche, breitere Streifen maß an seiner schmalsten Stelle 2, an seiner breitesten 3 Meilen. Ein im Durchschnitte $3^1/_4$ Meilen breiter Streifen, auf welchen nur Regen fiel, trennte die beiden Hagelstreifen von einander. Die Axe des östlichen Streifens ist ungefähr durch eine Linie angedeutet, die man von Amboise nach Mecheln zieht, jene des westlichen durch eine solche zwischen der Mündung des Indre in die Loire und Gent. Auf der ganzen bis über 100 Meilen langen Strecke zeigte das Gewitter keinerlei Unterbrechung, man kann vielmehr, glaubwürdigen Angaben zufolge, annehmen, daß sich das Gewitter sowohl nach Süden, als auch nach Norden noch viel weiter (etwa um je 50 Meilen) ausgedehnt habe. Sonach wäre die Gesammtlänge, über welche sich dieser Gewittersturm erstreckt hat, auf über 200 Meilen zu veranschlagen. Der Hagelsturm dauerte nur 7 bis 8 Minuten, aber mit solcher Intensität, daß die Ernten überall vernichtet wurden. Es fielen Hagelstücke sowohl von rundlicher als auch von zackiger Form; das von ihnen erreichte Maximalgewicht betrug etwa 250 Gramm. In Frankreich wurden hierbei 1039 Pfarrdörfer verwüstet und stellte man officiell den durch das Wetter angerichteten Schaden auf 24,690.000 Francs fest.

Wenn man bedenkt, daß vor Ausbruch eines Hagelwetters Eisstücke von oft sehr ansehnlicher Größe in der Luft entstehen und schweben, während gleichzeitig auf der Erde eine sehr hohe Temperatur herrscht, daß hierauf in dem Zeitraume weniger Minuten zuweilen ganz enorme Eismassen auf die Erde niederprasseln, so kann es nicht Wunder nehmen, daß die Erklärung dieser Erscheinungen großen Schwierigkeiten begegnet, welche vollkommen zu überwinden, auch gegenwärtig noch nicht gelungen ist, obwohl schon viele, und darunter namhafte Gelehrte, ihren Scharfsinn hieran erprobt haben; es zählen hierzu Volta, Mohr, Vogel, Nöller, Schwaab, Dufour, De la Rive, Leopold v. Buch, Suchsland u. s. w. Da aber, wie bereits erwähnt, keiner dieser und anderer Forscher so glücklich war, das Problem vollständig zu lösen, begnügen wir uns, nachstehend einige der bisher aufgestellten Theorien kurz zu skizziren.

Obwohl mit einem logischen Fehler behaftet, hat Volta's Theorie des Hagels doch lange Zeit Beifall gehabt und zahlreiche Anhänger gefunden. Als wesentliche Bedingungen der Hagelbildung bezeichnete Volta eine durch die Wirkung der Sonnenstrahlen auf der obern Wolkenfläche hervorgerufene lebhafte Verdampfung, Trockenheit der darüber befindlichen Luftschichten und den elektrischen Zustand der Wolken. Hiernach sollen die Sonnenstrahlen in den oberen Theilen der dichten Wolken fast vollständig absorbirt werden und dadurch eine rasche Verdampfung bewirken, die noch durch die Trockenheit der darüber

befindlichen Luftschichten wesentlich gefördert wird. Infolge dieser lebhaften Verdampfung wird aber so viel Wärme gebunden, d. h. der Wolke entzogen, daß die Wassertheilchen der tieferen Wolkenschichten gefrieren; hiermit werden gewissermaßen die Keime der Hagelkörner gebildet. Diese selbst entstehen dann aus den Keimen unter Mitwirkung der Elektricität. Um die Wirkungsweise der letzteren zu erläutern, bezieht sich Volta auf das elektrische Kugelspiel. Man bringt auf eine Metallplatte, welche zur Erde abgeleitet ist, eine größere Anzahl von kleinen Kork- oder Hollundermarkkugeln und stülpt dann eine Glasglocke darüber, wie dies Figur 128 zeigt. In die Glocke ragt ein Metallstab hinein, der an seinen beiden Enden mit Kugeln versehen ist (oder an seinem unterem Ende wohl auch eine Platte trägt). Theilt man dann der oberen Kugel Elektricität mit, so wird auch die Kugel (oder Platte) innerhalb der Glasglocke elektrisch, zieht die Korkkugeln an, elektrisirt sie und stößt sie dann, als gleichnamig elektrisch, wieder ab. Hierauf fallen die elektrischen Kugeln auf die zur Erde abgeleitete Metallplatte, geben dort ihre elektrische Ladung ab und können nun neuerdings von der Kugel (oder Platte) des Zuleitungsstabes angezogen werden. Das Herumhüpfen der Korkkugeln dauert natürlich so lange, als die Metallkugel (oder Platte) hinlänglich stark geladen ist, um die Korkkugeln anzuziehen. Selbstverständlich kann der Korkkugeltanz auch in der Weise gezeigt werden, daß man die Grundplatte, statt sie zur Erde abzuleiten mit einem Pole, den die Glasglocke oben durchsetzenden Zuleitungsstab mit dem anderen Pole einer Elektricitätsquelle (z. B. einer Elektrisirmaschine) verbindet.

Fig. 128.

Elektrisches Kugelspiel.

Das angegebene Experiment benützte Volta für seine Hageltheorie in folgender Weise. Die von der oberen Fläche der dicken Wolke aufsteigenden Dämpfe verdichten sich zu einer höher schwebenden zweiten Wolke, welche sich mit positiver Elektricität ladet, während die untere Wolkenschicht, von welcher aus die Verdampfung erfolgt, mit negativer Elektricität geladen zurückbleibt. Dieselbe Ladung nehmen auch die in der unteren Wolkenschicht entstandenen Eistheilchen an. Die Eistheilchen werden also von der unteren gleichnamigen elektrischen Wolkenschicht abgestoßen, während sie gleichzeitig die obere ungleich

namig elektrische Wolkenschicht anzieht: die Eistheilchen hüpfen daher in die obere Wolkenschicht. Dort geben sie aber ihre ursprüngliche negative Ladung ab und nehmen positive Ladung an, was zur Folge hat, daß sie nunmehr von der oberen Wolkenschicht abgestoßen, von der unteren angezogen werden, also wieder zurückhüpfen. Während dieses Hin- und Herhüpfens der Eistheilchen zwischen den beiden Wolkenschichten schreitet die Condensation der Wasserdämpfe fort und die Eistheilchen vergrößern dadurch fortwährend ihr Volumen. Dieses Spiel kann lange Zeit andauern und verursacht durch das vielfache Zusammenstoßen der hin- und herfliegenden Eiskörner das oben erwähnte Hagelgeräusch. Haben endlich die Eiskörner eine gewisse Größe erreicht, so ist die untere Wolkenschicht nicht mehr im Stande, sie zurückzuwerfen, und die Körner fallen als Hagel auf die Erde.

Kämtz pflichtet zum Theile Volta's Ansichten über die Hagelbildung bei und so hält er namentlich das Zusammenwirken zweier oder mehrerer Wolkenschichten in verschiedener Höhe für eine wesentliche Bedingung der Hagelbildung. — Dies hat Kämtz in allen seinen Beobachtungen bestätigt gefunden, während neuere Forscher dieser Ansicht der genannten beiden Gelehrten widersprechen. Kämtz schildert und erklärt das Auftreten eines Hagelwetters im Wesentlichen in nachstehender Weise.

Schon am Morgen solcher Tage, an welchen ein Hagelwetter losbricht, zeigt der Himmel ein ganz besonderes Aussehen: sein Blau ist weder so rein noch so tief wie jenes an heiteren schönen Tagen und man sieht zarten Cirrus; zuweilen ist dieser auch stark entwickelt, und dann verlieren sich die Ränder der zerstreuten weißen Wolkenmassen im fahlen Blau des Himmels. In größerer Ausdehnung herrscht derselbe Zustand der Atmosphäre und ein langsames Fallen des Barometers zeigt an, daß in einer höheren Schicht Südwind streicht. Auf der Oberfläche der Erde ist dieser jedoch nicht fühlbar, hier ist vollkommene Windstille, wenn man von jenen schwachen ganz localen Luftströmungen absieht, welche die Ursache sind, daß der Rauch aus zwei nahe aneinander befindlichen Kaminen zuweilen ganz entgegengesetzten Richtungen folgt. Unter diesen Umständen tritt eine starke Erhitzung der Erdoberfläche und der mit ihr in unmittelbarer Berührung stehenden Luftschichten ein, während die Temperatur mit der Höhe auffallend rasch abnimmt. Während auf der Erdoberfläche eine drückende Hitze herrscht, sinkt das Thermometer in einer Höhe von 2500 bis 3000 Meter bereits unter Null. Es entwickelt sich ein rasch aufsteigender Luftstrom, der die oberen Luftschichten rasch mit Feuchtigkeit sättigt. Nun tritt die Wolkenbildung ein und zwar zunächst in Form von Federwolken. Wie bereits (S. 213) erwähnt, schweben diese in Höhen von 6000 Meter und darüber, woraus folgt, daß die Temperatur

der sich hier bildenden Schnee- und Eiskrystalle eine bedeutend unter Null liegende sein muß. Die aufsteigenden Luftströme erreichen zur Zeit der höchsten Tagestemperatur das Maximum ihrer Entwicklung.

Im selben Maße als die Schicht der Federwolken dichter wird und sich senkt, entstehen Haufenwolken, die mit ungewöhnlicher Schnelligkeit anwachsen. Man beobachtet dann verschiedene Richtungen des Windes, als Folge der ungleichen Vertheilung der Wolken und der dadurch verursachten Temperaturerniedrigung. Häufig verdichten sich diese Wolken unter Einfluß von oben gegen die Erde herabsinkender kalter Luftschichten und erhalten dann starke elektrische Ladungen. Diese Condensation der Wasserdämpfe ist noch auffälliger, wenn Nord- und Südwind sich bekämpfen. Ist dies der Fall, so verräth sich der eindringende Nordwind auf der Erdoberfläche durch Steigen des Barometers nach dem Hagelfalle. Auf der Linie, wo die Winde zusammen prallen, vollzieht sich die Verdichtung der Dämpfe mit großer Energie. Die hier entstehenden Wolken schweben in geringer Höhe, zeigen Säcke und traubenförmige Auswüchse, die jeden Augenblick herabzustürzen scheinen; zuweilen nimmt man in diesen wirbelartige Bewegungen wahr. Sie zeichnen sich wohl auch durch eine lichtere Färbung von den oberen Wolkenschichten aus und mitunter sieht man die Wolken sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen. Der Wind nimmt rasch an Heftigkeit zu und Wirbel steigen von der Erde gegen die Wolken zu auf. Die Schneeflocken vergrößern sich, nehmen die Form von Graupenkörnern an und werden vom Winde in horizontaler Richtung fortgeführt, bis sie die Erde erreichen. Neuerliche aufeinander folgende Windstöße begünstigen die Bildung größerer Körner und jedem neuen Hagelschauer geht ein Blitzschlag voraus. Dann nehmen die Windstöße mehr und mehr ab und endlich fällt der Hagel fast vertical zur Erde.

Die Form der in solcher Weise gebildeten Graupen, ebenso wie ihr Fall auf höher oder tiefer gelegene Theile der Erdoberfläche, hängt dann von der sonstigen Beschaffenheit der Atmosphäre ab. Sind die Graupen klein und ist die Temperatur in den Luftschichten unterhalb der Graupenwolken noch verhältnißmäßig hoch, so kann es geschehen, daß die Graupen während ihres Falles zur Erde schmelzen. Es fällt dann Regen in der Ebene, während sich die Berggipfel mit Schnee oder Graupen bedecken. — **Kämtz** hatte am Rigi wiederholt Gelegenheit, diesen sich mit Schnee bedecken zu sehen, während in der Ebene Regen fiel. Die Regentropfen condensiren während ihres Falles fortwährend Wasserdämpfe und vergrößern sich dadurch zu jenen großen, schweren Tropfen, die vor Ausbruch eines Gewitters so häufig beobachtet werden. Ist die Temperatur der Luft eine niedrige, so gelangen die Graupen im festen Zustande auf die Erde. Werden die Graupen in horizontaler Richtung

fortgeführt, so vergrößern sie sich durch Condensation der Wasserdämpfe auf ihrer Oberfläche. Ihre innere Structur wird dann durch die Beschaffenheit der Luftschichten bestimmt, welche sie durchfliegen. Gelangen sie durch wolkenfreie Luftschichten oder durch nicht sehr dichte Wolken, so erfolgt die Condensation der Dämpfe an ihrer Oberfläche in derselben Weise, in welcher sich die Graupen selbst gebildet haben, d. h. die Wasserdämpfe erstarren zu feinen, kleinen Kryställchen und die ganzen Graupen erhalten das Aussehen compacter Schneekörner. Gelangen jedoch die Graupen durch sehr dichte Wolken oder durch-Schichten, in welchen sich Wasserbläschen oder Tropfen befinden, so erstarren diese auf der Oberfläche der Graupen zu durchsichtigen Eiskrusten, geradeso wie ein kalter Winterregen die Erde mit Glatteis überzieht. Die Körner zeigen dann innerhalb der durchsichtigen Eisschale den undurchsichtigen, weißen Graupenkern. Gelangen endlich die Graupen während ihres Falles abwechselnd durch Luftschichten der einen und der anderen Art, dann setzt sich das Korn aus abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen Eisschalen zusammen, wie dies bei Hagelfällen häufig beobachtet wird.

Die wichtigste Bedingung der Hagelbildung ist sonach die rasche Temperaturabnahme; die Hagelwetter treten am häufigsten in den heißesten Tagesstunden des Sommers auf, weil sich zu dieser Zeit aufsteigende Luftströme mit großer Energie entwickeln können. Auch Leopold von Buch hielt die Ausbildung aufsteigender, mit Feuchtigkeit gesättigter Luftströme für eine Hauptbedingung der Hagelbildung. Die Wasserdämpfe sollen hierbei in sehr bedeutende Höhen gelangen und sich zum Theile zu Tropfen condensiren; diese fallen dann in die wärmeren Luftschichten hinab, verdunsten dabei an ihrer Oberfläche, während sich der Rest der Tropfen infolge der Verdampfung soweit abkühlt, daß er zu Eis erstarrt. Im weiteren Falle condensiren diese Eiskörner an ihrer Oberfläche Wasserdampf und vergrößern sich dadurch, je nach Umständen, zu größeren oder kleineren Hagelkörnern.

Leopold von Buch macht in seiner Theorie denselben logischen Fehler wie Volta: Die Verdampfung der Wassertropfen in der wärmeren Luftschicht kann hier kein Gefrieren bewirken, da die ganze Luftschicht warm ist; die Wärme der Schicht ist eben die Ursache der Verdampfung, letztere kann also keine Kälte erzeugen, weil ja sonst die Ursache der Verdampfung aufgehoben wäre. Denselben Einwand hatte bereits Fr. Mohr gegen Volta's Theorie erhoben: Auf der oberen Wolkenschicht soll eine lebhafte Verdampfung eintreten, infolge der kräftigen Wirkung der Sonnenstrahlen, d. h. also die Verdampfung wird durch die Wärme der Sonnenstrahlen bewirkt. Es ist daher unlogisch dann zu sagen: Durch diese lebhafte Verdampfung wird der Wolke so viel Wärme entzogen, daß die Wassertheilchen zu Eis erstarren, man

müßte es denn für möglich halten, daß durch die Wärme der Sonnenstrahlen Kälte erzeugt wird. Volta's Theorie leidet überdies noch an einer großen Unwahrscheinlichkeit. Es ist nicht gut einzusehen oder nach den uns bekannten elektrischen Experimenten zu begreifen, wieso die elektrische Ladung der Wolken imstande sein soll, so bedeutende Eismengen emporzuheben, da bei einer so starken elektrischen Ladung der Wolken wohl eine Entladung zwischen diesen, und zwar um so mehr eintreten müßte, als ja durch die Hagelkörner eine leitende Verbindung hergestellt wird.

Fr. Mohr hat nun selbst ebenfalls (im Jahre 1862) eine Hageltheorie aufgestellt, welcher zufolge das Hereinbrechen kalter Luftströme in dampf gesättigte Luftschichten die Grundbedingung bilden soll. Doch lassen wir dem Forscher selbst das Wort.

Die Atmosphäre ist einzig nach dem specifischen Gewichte geschichtet, d. h. jede höhere Schicht ist specifisch leichter als eine tiefere, wegen der Compression der tieferen durch die höhere. Dagegen ist die Zusammensetzung der Atmosphäre, was ihren Wassergehalt betrifft, nicht überall dieselbe, und die Temperatur nimmt nach obenhin ab. Alles zusammengenommen, kann Ruhe in der Atmosphäre herrschen, wenn die Schichtung nach dem specifischen Gewichte stattfindet. In diesem Falle werden die untersten Schichten die wärmsten, feuchtesten und dichtesten, die oberen die kältesten, trockensten und lockersten sein, weil am Boden die Quelle des Wassers, das Meer, und die Quelle der Wärme, die Erde liegt. Eine solche Schichtung in der Ruhe wird nicht auf die Dauer möglich sein, weil die Wirkung der Sonne immer Bewegung der Luft, Winde erzeugt, welche diese Ruhe stören. Durch Vermischung der unteren, wasserhaltigen und warmen Schichten mit den kälteren oberen wird zunächst die Luft bis zur Sättigung mit Wasserdampf, d. h. bis zum Thaupunkt abgekühlt, und durch fernere Abkühlung bis zum Niederschlage von Wasser aus dem gasförmigen in den tropfbarflüssigen Zustand. Mit der Ausscheidung von Wasser aus der Gasform ist ein neues Moment zu einer noch größeren Störung der Ruhe gegeben.

Mohr stellt dann folgende Rechnung auf: 1 Gramm oder gleichbedeutend 1 Kubikcentimeter Wasser nimmt bei 100° C. und 760 Millimeter Barometerstand ein Volumen von 1696 Kubikcentimeter oder in runder Zahl das 1700fache Volumen ein. Bei jeder niederen Temperatur ist das Volumen bedeutend größer, z. B. bis 0° C. 182.323, bei 20° C. 58.224. Der gesättigte Wasserdampf dehnt sich bei abnehmendem Drucke nach dem Mariotte'schen Gesetze aus; bei zunehmendem Drucke verdichtet sich ein Theil des Wassers, und die Dichtigkeit des Dampfes bleibt ungeändert. Bei einer Höhe, wo der Barometerstand nur mehr die Hälfte des normalen, also 380 Millimeter

beträgt, hat der Wasserdampf die doppelte Ausdehnung der obengenannten Zahlen, also für 100° C. die 3400fache, für 0° C. die 363.646fache, für 20° C. die 116.448fache; diejenige Höhe, wo der Barometerstand 380 Millimeter beträgt, berechnet sich zu 18.626 Pariser Fuß, und der Chimborazo wird von Humboldt zu 20.148 Fuß angegeben. Es trifft also diese Höhe in die Wolkenregion, die höher und tiefer als der Gipfel des Chimborazo reicht. Man kann nun die Temperatur des zur Verdichtung kommenden Wasserdampfes nicht angeben, allein man sieht, daß er bei 20° C. schon mehr als das hunderttausendfache Volumen des daraus entstehenden Wassers einnimmt, und da diese Temperatur in jenen Höhen nicht erreicht wird, viel wahrscheinlicher das 200.000 bis 300.000fache Volumen.

Es muß also mit der Verdichtung von Wasserdampf eine ganz ungeheuere Raumverminderung stattfinden. Diese Raumverminderung oder Vacuumbildung ist nun die eigentliche Ursache aller hier auftretenden Erscheinungen. Das Vacuum kann nur von den Seiten und von oben ausgefüllt werden, alle diese Schichten sind kälter, stürzen mit Bewegung in den luftverdünnten Raum, bringen dort wegen ihrer Kälte neue Wasserverdichtung und Raumverminderung hervor und sind dadurch die Ursache, daß wieder neue, noch höhere und kältere Luftschichten herangezogen werden. Je rascher die Verdichtung der Wasserdämpfe durch die hereinfallende kalte Luft geschieht, destomehr muß der Ersatz aus den senkrecht darüber liegenden Schichten genommen werden, und destoweniger haben die danebenliegenden Luftschichten Zeit in das Vacuum nachzurücken. Indem aber die kälteren Luftschichten aus dem geringeren Druck der größeren Höhe in tiefere Schichten der Atmosphäre angesaugt werden, gerathen sie unter einen höheren Druck und werden nach dem Mariotte'schen Gesetze zusammengedrückt. Dies ist der zweite Grund der so ungeheueren Gleichgewichtsstörung, daß jeder Raum Luft durch die bloße Ortsveränderung eine große Einbuße an Volumen erleidet. Es wird also der über der Verdichtungsstelle gebildete leere oder luftverdünnte Trichter größer sein als das von ihm in unteren Schichten ausgefüllte Vacuum ist. Zwar wird die herabgezogene kalte Luft durch Compression etwas erwärmt, auch hat der verdichtete Wasserdampf seine latente Wärme abgegeben, aber diese schwachen Wärmewirkungen werden reichlich von der Kälte der oberen Schichten absorbirt, und ihre Wirkung besteht bloß darin, daß der Hagel nicht ganz so kalt ist als die Luft, welche ihn gebildet hat.

Es ist einleuchtend, daß jede Hagelbildung mit Wasserverdichtung anfangen muß, denn im Anfange werden die nächsten wenig kalten Luftschichten geschlürft, und diese werden den Wasserdampf zu abgekühltem Wasser verdichten. Indem dieses Wasser herunterfällt und in den unteren, wasserreichen

Luftschichten neue Wasserbildung und Raumverminderung erzeugt, werden die kälteren höher liegenden Luftschichten herangezogen und das bereits flüssige Wasser zum Gefrieren bringen. Das gefrierende Wasser wird sich am leichtesten an den bereits vorhandenen Kern seiner eigenen Art anschließen, wie auch Salze aus Flüssigkeiten sich am leichtesten an ihre eigenen Krystalle anlegen. Derjenige Zustand der Luft, der an der Erde den sogenannten Eisbruch in Wäldern veranlaßt, wodurch sich die Aeste und Zweige der Bäume mit Eisschalen bekleiden, bis sie unter der Last zusammenbrechen, muß in der hagelnden Wolke immer vorhanden sein. Die Luft wird rascher abgekühlt, ehe sie ihren ganzen Wassergehalt absetzen kann. Es ist eiskalter Wasserdampf und ein fester Körper vorhanden, an den er sich bei der zunehmenden Abkühlung anlegen kann.

Es findet also nur dann Hagelbildung statt, wenn eine so bedeutende Raumverminderung eingetreten ist, daß die daneben liegenden Luftschichten nicht Zeit haben, nachzurücken, und daß die senkrecht darüber liegenden hineingezogen werden müssen. Nur in diesem Falle sind die herantretenden Luftschichten so kalt, daß sie trotz der frei werdenden Wärme des Wasserdampfes noch Wasser zum Gefrieren bringen können. Es bildet sich also in der hagelnden Wolke ein trichterförmiger Strudel von eiskalter Luft, gefrorenem Wasser und daneben noch flüssigem, das schraubenförmig wirbelnd zur Erde niederbraust. Daher die nothwendige Bedingung, daß der eigentliche Hagel nur eine sehr geringe Ausdehnung hat, und daß der mittelste Theil des Hagelwirbels die größten Schlossen und die größte Kälte hat. Findet die Verdichtung des Wassers auf einer größeren Ausdehnung statt, so ist die ungeheuere Menge der frei werdenden Dampfwärme hinreichend, die kalte Luft zu erwärmen und den Wasserdampf als abgekühltes Wasser herabzuschicken; es entsteht dann das gewöhnliche Gewitter, von dem der Hagel nun die einzelne Form ist, daß die eingesaugte Luft in einen ganz engen Raum geführt werde, in welchem sie ihre Kältewirkung bis zum Gefrieren des Wassers ausüben kann.

Die Schwaab'sche Hageltheorie, welche bereits im Jahre 1844 als Inauguraldissertation veröffentlicht wurde, aber, wie sich leicht nachweisen läßt, Mohr unbekannt blieb, beruht auf einer der Mohr'schen ganz ähnlichen Grundidee. Bei der Hagelbildung soll hiernach ein kalter Luftstrom in warme Luftschichten eindringen, sich mit diesen vermischen und den Wassergehalt derselben condensiren. Auf diese Weise entstehen Schneeflocken und Graupeln, die ihr Volumen durch fortgesetzte Condensation der Wasserdämpfe auf ihrer Oberfläche vergrößern, während sie durch die Luftströmungen weitergeführt werden, und die endlich infolge ihres Gewichtes in Form von Hagelkörnern zur Erde fallen. Diese kurze Skizzirung der Hageltheorie von Schwaab wird um so eher genügen, als die ihr verwandte Mohr'sche eingehendere Behandlung fand

und als auch sowohl gegen die letztere wie auch gegen die erstere gewichtige Einwände zu erheben sind.

Mohr nimmt an, daß durch die lebhafte Condensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre eine bedeutende Luftverdünnung stattfindet, als deren Folge das Ansaugen höher gelegener kalter Luftschichten eintritt. Dagegen läßt sich einwenden, daß nicht einzusehen ist, warum dieses Nachströmen von Luft nur aus den oberen Regionen und nicht von allen Seiten her stattfinden soll. Man ist vielmehr zu der Annahme genöthigt, daß die verdünnte, durch die Condensation noch mehr ausgedehnte Luft aufwärts steigt und daher dichtere Luft von unten und von den Seiten her nachdringt.

Auf ein weiteres Bedenken, welches sowohl der Mohr'schen als auch der Schwaab'schen Theorie entgegenzustellen ist, hat Müller hingewiesen: Es ist dies die Annahme, daß die Wärmemenge, welche bei der Condensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre frei wird, so unbedeutend sei, daß man von ihr ganz absehen könne. Es ist dies aber keineswegs richtig. Bei einer Temperatur von 20° C. kann ein Kubikmeter Luft 17 Gramm Wasserdampf aufnehmen. Durch die Condensation von 17 Gramm Wasserdampf zu tropfbar flüssigem Wasser werden 17mal 540 also 9181 Wärmeeinheiten frei. Diese Wärme aber reicht hin, um die Temperatur von 1 Kubikmeter Luft von atmosphärischer Dichtigkeit (1293 Gramm) um 30° C. zu erhöhen. Die specifische Wärme der atmosphärischen Luft ist nämlich (die specifische Wärme des Wassers gleich 1 gesetzt) gleich 0·23; damit die obige Luftmasse um 1° erwärmt werde, sind also 1293mal 0·23 oder 298 Wärmeeinheiten nöthig; es werden also 9180 Wärmeeinheiten in derselben eine Temperaturerhöhung von $\frac{9180}{298}$ Graden hervorzubringen im Stande sein. Daraus zieht aber Müller den Schluß, daß die Condensation des Wasserdampfes zu flüssigem Wasser und das Erstarren des Wassers zu Hagelkörnern nicht in einem Acte rasch aufeinanderfolgen können. Das durch Condensation der Dämpfe gebildete Wasser muß sich erst mit der Luft, in welcher es schwebt, allmählich abkühlen, ehe die Eisbildung erfolgen kann.

De la Rive, Dufour, Vogel, Möllner und H. J. Klein haben hingegen die Entstehung des Hagels auf Grund einer Annahme zu erklären versucht, welche von diesen Einwänden frei ist und größere Wahrscheinlichkeit besitzt. Die Grundidee aller dieser Erklärungen liegt in der Voraussetzung, daß in der Luft, vor dem Ausbruche eines Hagelwetters, überkaltete Wasserdämpfe vorhanden seien. Man kann nämlich luftfreies Wasser, wenn man es vor Erschütterung und Luftzug schützt, durch künstliche Mittel (Kältemischungen) bis

auf — 10° überkalten, ohne daß es gefriert. Ein Stoß oder das Hineinbringen eines festen Körpers bewirkt dann, daß ein Theil des Wassers zu Eis erstarrt, während gleichzeitig die Temperatur der ganzen Masse auf 0° steigt. In gleicher Weise soll nun auch der Bläschendampf, aus welchem die Wolken gebildet sind, weit unter den Schmelzpunkt des Eises erkalten können, ohne daß eine Eisbildung eintritt. Fallen dann, meint Vogel, aus einer höheren Region Graupenkörner durch eine Wolke, die sich in einem derartigen überkalteten Zustande befindet, so müssen sich die Wassertheilchen derselben auf die Graupen niederschlagen und augenblicklich erstarren. Infolge der niedrigen Temperatur der Wolke kann in solcher Weise in kurzer Zeit eine ganz bedeutende Menge von Eis gebildet werden.

Es entsteht nun die Frage, ob Vogel's Voraussetzung auch wirklich zutrifft, d. h. ob es in der That Regenwolken gibt, deren Temperatur weit unter 0° liegt. (Schneewolken, die nicht aus Wasser, sondern aus Eiskrystallen bestehen, kommen hier natürlich nicht in Betracht.) In Bezug hierauf können Beobachtungen angeführt werden, welche die Richtigkeit der Voraussetzung allerdings zu bestätigen scheinen. So berichtet Müller über eine derartige Erscheinung folgendes: Im Januar 1845 fiel, nachdem das Thermometer einige Tage lang über dem Gefrierpunkte gestanden hatte, ein Regen, welcher den Boden mit einer Eiskruste überzog. Daß diese Erscheinung nicht etwa ein gewöhnliches Glatteis war, versteht sich von selbst, denn der Boden war nicht unter 0° erkaltet, er konnte also nicht die Ursache der Erstarrung sein. Sogar Regenschirme, die aus dem warmen Zimmer genommen waren, wurden in kurzer Zeit durch diesen Regen mit einer $^1/_2$ Linie dicken durchsichtigen Eiskruste überzogen. Am 14. November 1858 hat Müller diese Erscheinung abermals beobachtet.

Diese auffallende Erscheinung liefert aber den Beweis, daß der von Vogel angenommene Zustand der Wolken wirklich vorkommt. Offenbar bestanden die fallenden Regentropfen aus Wasser, welches unter den Gefrierpunkt erkaltet war, aber erst beim Aufschlagen auf feste Körper erstarrte.

Das Vorhandensein überkalteten Wassers in Wolken wurde aber auch direct beobachtet, und zwar bei der von Barral und Bixio im Juli 1850 ausgeführten Ballonfahrt (vergl. S. 199); es wurden hierbei in den nebenstehenden Höhen folgende Temperaturen beobachtet:

Nr. 1	16	Grad C.	2300	Par.	Fuß
» 2	9	» »	6000	»	»
» 3	0·5	» »	11250	»	»

Nr. 4 . .	— 7·0	Grad	C.	15360	Par. Fuß
» 5 . .	— 10·0	»	»	18990	» »
» 6 . .	— 15·0	»	»	19530	» »
» 7 . .	— 39·0	»	»	21060	» »

Kaum aufgestiegen, traten die Luftschiffer in einen leichten Nebel ein und hatten bei der Beobachtung Nr. 2, also in einer Höhe von beiläufig 6000 Fuß, eine Wolkenschicht unter sich, welche ihnen den Anblick von Paris entzog, während bei der Beobachtung in Nr. 4 die Wolkenschicht bereits so dicht war, daß die Erde vollständig unsichtbar wurde. Während der Beobachtung in Nr. 5 gelangten sie wieder in etwas dünneren Nebel, welcher das Durchschimmern des Sonnenbildes gestattete und gleichzeitig fielen kleine Eisnadeln auf sie nieder; das Thermometer fiel aber rasch auf — 23·8° C. Bei den hierauf folgenden Beobachtungen hatten die Luftschiffer vollkommen heiteren Himmel über sich. Barral und Bixio hatten also bei ihrer Auffahrt eine Nebelschicht von über 12.000 Fuß Höhe durchdrungen. Von ungefähr 11.000 Fuß an sank das Thermometer unter Null Grad, während erst in einer Höhe von beiläufig 18.000 Fuß bei einer Temperatur von —10 Grad Celsius Schnee (Eiskryställchen) angetroffen wurde; die Luftschiffer haben somit eine beiläufig 7000 Fuß hohe Wolke passirt, in welcher das Wasser unter Null erkaltet, aber nicht in Eis verwandelt war.

Man könnte aber vielleicht aus dem Grunde Anstand nehmen, der oben erläuterten Hageltheorie beizustimmen, weil diese das Vorhandensein der Graupeln voraussetzt, statt auch das Entstehen dieser zu erklären. Dagegen ließe sich allerdings bemerken, daß der Aggregatzustand des Wassers in der Atmosphäre nur eine Function der Temperatur ist und daher keiner weiteren Erklärung bedarf. H. J. Klein weist aber mit Recht darauf hin, daß die Erklärung des Hagels in oben angegebener Weise auch dann auf keine Schwierigkeiten stößt, wenn man die Graupeln nicht als bereits vorhanden voraussetzt. Es ist nur nothwendig und genügt, daß derjenige Theil der Atmosphäre, in welchem sich jene überkältete Wolke befindet, ruhig ist. »Man lasse nun,« sagt Klein, »einen kalten Luftstrom von oben oder seitlich in den oberen Theil der Wolke einbrechen, so wird ein sofortiges Erstarren der oberen Dunstbläschen die erste, und ihr Herabstürzen und Vergrößern durch Anfrieren im tieferen Theile der Wolke die nächste Folge sein. Der Hagelschlag ist da. In dem Maße, als der seitlich einfallende Wind fortschreitet, folgt ihm die Hagelbildung auf dem Fuße und diese kann für den Scheitelpunkt eines jeden Beobachters nur wenige Minuten dauern, weil in diesem Zeitraume sämmtliche Dunstbläschen erstarrt und herabgefallen sind, dann aber

die ganze Sache hier am Ende ist. Die hier angenommene Theorie erklärt auch das nicht zu leugnende locale Auftreten von Hagelschlägen recht gut und ungezwungen. Die Oberflächengestaltung vermehrt oder befördert das Einströmen von kalter Luft. Gemeiniglich ist es, wie auch Lecomte angibt, der Nordwind, der in unseren Breiten bei Hagelschlag den Süd- oder Westwind verdrängt, daher sieht man das Barometer, dessen Sinken das Herannahen des Hagels verkündet, nachdem dieser vorüber ist, unter dem Einflusse der kälteren, schwereren Luft wieder steigen.«

Fünfte Abtheilung.

Blitz und Donner.

I.

Die Arten des Blitzes.

Verschiedene Forscher haben, um die Erscheinungen des Blitzes besser zu charakterisiren, versucht, gewisse Grundtypen aufzustellen. Als Eintheilungsgrund für diese Unterscheidungen wurde gewöhnlich die Verschiedenheit der Form oder des Anblickes, den die genannte Lichterscheinung hervorbringt, angenommen. So unterschied z. B. Liais fünf Blitzarten, nämlich: 1. Geradlinige, rasch auf einander folgende, von der Wolke zur Erde niederfahrende Blitze, 2. ununterbrochene Zickzackblitze, 3. unterbrochene Zickzackblitze, 4. schlangenförmige Blitze und 5. getheilte Blitze. Kämtz hingegen begnügt sich mit nur zwei Arten: den Linien- und Kugelblitzen, indem er die Flächenblitze als durch Wolken verhüllte Linienblitze erklärt. Nach Arago's Eintheilung, die auch hier beibehalten werden soll, unterscheidet man endlich:

1. Blitze in Zickzackform oder Linienblitze,
2. Flächenblitze und
3. Kugelblitze.

Arago kennzeichnet hierbei die diesen drei Classen angehörigen Blitze in nachstehender Weise:

Die erste Classe (Linienblitze) enthält gewisse von Jedermann genugsam wahrgenommene Blitze, welche aus einem gedrängten, schmalen und an seinen Rändern scharf begrenzten Lichtstrahle oder Lichtstreifen zu bestehen scheinen. Diese Blitze sind weder immer weiß, noch überhaupt immer von derselben Farbe. Die Meteorologen haben, ihrer Aussage nach, purpurfarbene, violette und bläuliche beobachtet. Ungeachtet ihrer unglaublich großen Geschwindigkeit bewegen diese Blitze sich doch nicht in gerader Linie. Im Gegen-

theile schlängeln sie sich gewöhnlich und beschreiben im Raume vollkommen deutliche Zickzacklinien. Dem wäre allenfalls noch beizufügen, daß man sich unter dem Zickzack nicht gebrochene Linien mit wenigen und spitzen Winkeln vorzustellen habe, welche Form man dem Blitzstrahle fälschlicherweise auf Abbildungen und Gemälden gewöhnlich gibt, sondern vielmehr Linien mit zahllosen kleinen Krümmungen, ungefähr in der Weise, in welcher auf unseren Landkarten der Lauf eines Flusses dargestellt wird.

Das Licht der Blitze zweiter Classe (Flächenblitze) ist nicht mehr in geschlängelten Linien von sehr geringer Breite concentrirt, sondern gerade im Gegentheil über sehr große Oberflächen ausgebreitet; auch hat es weder die Weiße noch die Lebhaftigkeit des Lichtes der zuvor beschriebenen Blitze. Oft hat es eine sehr intensive Färbung; von Zeit zu Zeit herrscht darin auch Blau oder Violett vor. Trifft es sich, daß ein Blitz der zweiten Classe von einem zickzackförmigen Blitze der ersten Classe durchkreuzt wird, so bemerkt auch das ungeübteste Auge den Unterschied in ihren Farben. Die Blitze der zweiten Classe scheinen bisweilen nur die Umrisse der Wolken, von denen sie ausgehen, zu erleuchten. Bisweilen verbreitet sich ihr lebhaftes Licht aber auch über die ganze Oberfläche dieser Wolken und scheint sogar aus ihrem Innern zu kommen. Man könnte dann in Wahrheit sagen, daß die Wolken sich öffnen. Dies ist ein Ausdruck aus dem Volksmunde, aber er ist sehr bezeichnend für die Erscheinung.

Die Blitze der dritten Classe (Kugelblitze) unterscheiden sich von den vorhergehenden durch ihre Dauer, durch ihre Geschwindigkeit und auch durch ihre Form. Jedermann hat bemerkt, daß der schmale zickzackförmige scharf gezeichnete Blitz, und ebenso der oberflächlich mit unbestimmten Umrissen erscheinende Blitz, nur einen Augenblick dauert. Beobachtungen, die weiter unten erläutert werden sollen, werden zeigen, wie außerordentlich kurz diese Dauer ist; sie werden so kleine Bruchtheile einer Secunde ergeben, daß man darüber erstaunen muß. Dagegen sind die Blitze dritter Classe während ein, zwei, zehn u. s. w. Secunden sichtbar. Ziemlich langsam bewegen sie sich von den Wolken zur Erde, so daß das Auge deutlich ihren Lauf zu verfolgen und ihre Geschwindigkeit zu schätzen vermag. Die Räume, die sie erfüllen, sind deutlich und bestimmt begrenzt und können ihrer Gestalt nach nur wenig von einer Kugel verschieden sein, weil ihre Projectionen aus der Ferne stets als leuchtende Kreise erscheinen.

Es wurde und wird noch gegenwärtig darüber gestritten, ob man es bei den Blitzen erster und zweiter Classe wirklich mit zwei verschiedenen Arten elektrischer Entladung zu thun habe oder ob thatsächlich beide Classen nur eine Art der Entladung sind, welche aber unter verschiedenen Umständen dem

Beobachter einen verschiedenen Anblick gewährt. Kämtz neigte sich, wie bereits erwähnt, der letzteren Ansicht zu. Neuere Forschungen mit Hilfe des Spectralapparates, worauf wir weiter unten noch zurückkommen wollen, ergaben jedoch für die beiden Classen von Blitzen verschiedene Spectra, was darauf hinzudeuten scheint, daß man in den Linien- und Flächenblitzen wirklich zwei verschiedene Arten der elektrischen Entladung, nämlich den elektrischen Funken und das elektrische Büschellicht zu unterscheiden habe.

1. Die Linienblitze.

Die Linienblitze werden als Lichterscheinungen von äußerst kurzer Dauer und scharfbegrenzter zickzackförmiger Gestalt bezeichnet. Diese Charakterisirung scheint aber für die Linienblitze nicht oder nicht immer auszureichen. Beobachtungen verschiedener Art und von verschiedener Seite lassen der Vermuthung Raum, daß das Zickzack der Linienblitze — oder doch mancher Linienblitze — nur ein scheinbares sei, daß man als wirkliche Form des Blitzstrahles aber eine Spirale sich zu denken habe; das zickzackförmige Bild wäre dann eben nur die Projection des Blitzstrahles.

Diese Ansicht vertrat in neuerer Zeit Ch. Mousſette in einer Mittheilung, welche er der Pariser Akademie machte. Mousſette nahm während des Gewitters vom 12. Mai 1886 Blitze photographisch auf. Bei eingehender Untersuchung dieser Photographien mit der Lupe fand er nun, daß die von der Wolke auf die Erde niederfahrenden Blitze die Form unregelmäßiger Schraubenlinien zeigen. Zwei auf derselben Platte aufgenommene, in einem kurzen Intervalle aufeinander gefolgte Blitze ließen solche erkennen. Hierbei zeigte das Bild des einen Blitzes eine rechtsgewundene, das des anderen eine linksgewundene Schraube in einem Theile desselben, eine rechtsgewundene im rückwärts gebogenen Aste. Die Ganghöhe der Schrauben ist eine wechselnde und ist zuweilen geringer als der Durchmesser, zuweilen beträgt sie mehrere Durchmesser. Diese Unregelmäßigkeit hält Mousſette bedingt durch die Verschiedenheit des Widerstandes der vom Blitze durchlaufenen Luftschichten, je nach deren Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt.

Angeregt durch diese Mittheilung, glaubt Caneſtrini auf Wirkungen des Blitzes hinweisen zu sollen, welche gleichfalls für die Spiralform der Linienblitze sprechen. Vorgreifend einem späteren Abschnitte dieses Werkes, möge des besseren Zusammenhanges wegen, bereits an dieser Stelle jener Beobachtungen kurz gedacht werden.

Es ist eine bekannte Thatsache, namentlich für Leute, welche in der Nachbarschaft von Wäldern leben, die reich an Nadelhölzern sind, daß der

auf diese Bäume fallende Blitz dem Stamme desselben folgt, indem er im allgemeinen eine Schraubenlinie beschreibt, welche je nach der Stärke und Höhe des Baumes mehr oder weniger viele Windungen zeigt. Canestrini hat Gelegenheit gehabt, viele solcher Bäume und namentlich Lärchen zu untersuchen, welche, die anderen Bäume überragend, den kürzesten Weg zur Leitung auf die Erde darboten. Einige unter ihnen waren arg verstümmelt, hatten den Gipfel eingebüßt oder einige Aeste verloren, oder ihrem Stamme fehlte ein großer Theil der Rinde.

Eine über zehn Meter hohe Lärche, welche über die jungen Bäume ihrer Umgebung weit hervorragte, wurde vom Blitze getroffen. Der Blitz traf sie in einer Höhe von 5·53 Meter über der Erde und beschrieb längs des Stammes eine deutlich sichtbare linksgewundene Spirale, welche aus zwei, von einander 2·44 Meter entfernten Windungen bestand; der mittlere Umfang des konischen Stammes betrug 0·32 Meter. Längs dieser Schraubenlinie war der Zusammenhang dieser Rinde in einer Breite von beiläufig 5 Centimeter unterbrochen und nur am Grunde ist der kräftige Funke unter die Rinde getreten und innerhalb der holzigen Theile entlang herabgefahren, ohne außen eine sichtbare Spur zu hinterlassen. Nachdem die Rinde auf dieser kurzen Strecke vorsichtig abgelöst war, sah man, daß der von der elektrischen Entladung verfolgte Weg ganz schraubenförmig verlief. Dieser Weg war durch eine Spur gekennzeichnet, wie man eine solche durch Einritzen mit einer Spitze erhalten kann. Nahe der Erde hatte der Blitzstrahl die Rinde neuerdings durchbohrt und war, nachdem er die Oberfläche erreicht hatte, einigen Wurzeln gefolgt, die er gleichfalls entschälte, worauf er sich, ohne eine Spur zu hinterlassen, in die Erde verlor.

Canestrini konnte am Stamme keine Ursache finden, welche den Blitz hätte veranlassen können, diesen Weg einzuschlagen. Bemerkenswert ist es, daß diese mechanische Wirkung des Blitzes auf dem oberen Theile des Stammes stattfand und gegen die Erde zu abnahm, um sich endlich in ganz unbedeutenden Spuren zu verlieren. Der Beobachter sieht hierin eine Zerstreuung der Elektricität, hervorgebracht durch die zahllosen Nadeln und Blätter, welche den Baum umgaben. Er glaubt aus diesem Falle und vielen ähnlichen von ihm und von Anderen beobachteten Blitzschlägen den Schluß ziehen zu sollen, daß eine spiralförmige Bewegung dem Blitze eigenthümlich sei — ob jedem Blitze oder nur einem Theile derselben, müsse aber erst durch fortgesetzte sorgfältige Beobachtungen entschieden werden.

Andere Beobachtungen schraubenförmiger Blitze hat Fonvielle (in seinem Werke »Eclairs et tonnerres«) beschrieben; zwei davon mögen nachstehend mitgetheilt werden.

Während eines Gewitters, welches am 8. April 1886 über Paris niederging, fiel der Blitz auf ein hinter dem Friedhofe von Montmartre gelegenes Haus; hierbei folgte er, wie dies gewöhnlich der Fall ist, der Regenrinne. Diese ging jedoch nicht direct in die Erde, sondern mündete in ein eisernes Sammelgefäß, dessen Wandstärke 2 Centimeter betrug. Diesem Gefäße folgend, brachte der Blitz Verdrehungen hervor, die unerklärlich bleiben, wenn man nicht annimmt, daß der Blitz selbst einer energischen Wirbelbewegung folgt. Man muß bei Beobachtung der Abbildung, Figur 129, welche Fonvielle nach der Natur verfertigen ließ, in der That zugeben, daß das Gefäß schraubenförmig verdreht erscheint; es scheint, als ob ein Riese mit feurigen Fingern in das Metall die Spiralen eingedrückt habe. Selbst die Bänder, welche das Gefäß an der Mauer festhielten, waren in auffallender Weise losgerissen; man hat sie, die einen nach rechts, die anderen nach links gewandt gefunden.

Durch diese Beobachtung aufmerksam gemacht, sah sich Fonvielle veranlaßt, Spuren ähnlicher Blitzwirkungen in den Wäldern in der Umgebung von Paris aufzusuchen, und es gelang ihm in der That leicht, solche Spuren zu finden. Eine Eiche im Walde von Saint-Germain zeigte noch frische schraubenförmige Spuren. Wie man aus der Abbildung dieses Baumes, Figur 130, erkennt, hat der Blitz auch in diesem Falle eine Spirale beschrieben, ganz ähnlich jener auf dem Gefäße bei Montmartre. Ueberdies hatten auch die Holzfasern eine Drehung gleicher Art erlitten. Hat sich der Blitz hierbei selbst seinen Weg gewählt, oder wurde er im Gegentheile durch die Widerstandsfähigkeit der Fasern gezwungen, denselben einzuschlagen?

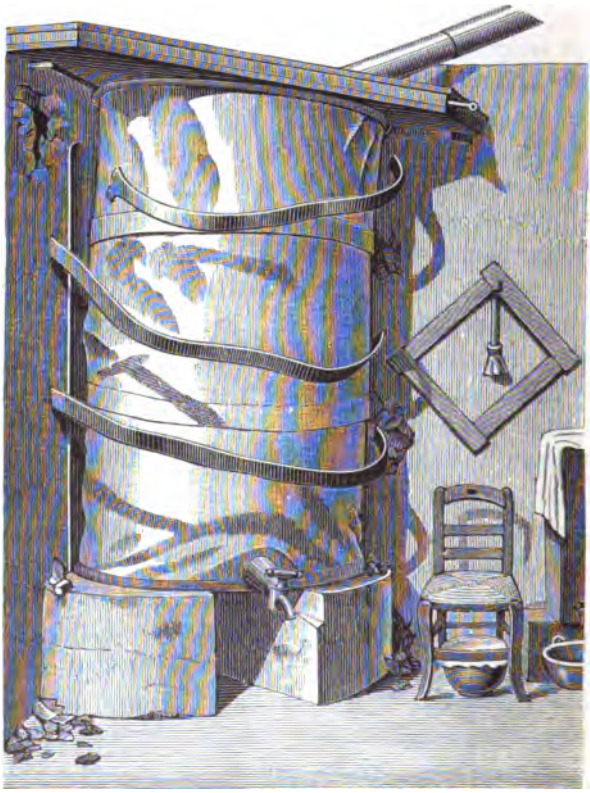
Eine von Reimann in Hirschberg erzählte Beobachtung scheint fast für die erstere Annahme zu sprechen. Am 20. Juli 1885 schlug ein dreigetheilter Blitz in drei je 30 Meter von einander entfernte Schwarzpappeln in der Pappelallee an der Straupitzer Dorfstraße; zwischen ihnen stehen noch zum Theil höhere Bäume. Er riß an ihnen Furchen, die mehrere Meter unter der Spitze beginnen und bei der mittelsten und einer der beiden anderen in je einer halben Spirale, bei der dritten, am meisten beschädigten geradlinig herablaufen. Aus letzterer wurde neben ungezählten bis 50 Meter weit geschleuderten Splittern ein sieben Meter langer Span herausgerissen. Die Spiralen an den beiden anderen Pappeln gehen in entgegengesetzter Richtung; da sich Stämme derselben Baumart, fügt Reimann hinzu, immer in derselben Richtung zu drehen pflegen, so muß bei einer der Pappeln die Windung des Blitzes der Drehung des Stammes entgegen erfolgt sein.

An anderer Stelle erwähnt Reimann eines höchst merkwürdigen Blitzes, der während eines Gewitters am 29. April 1886 von einem Secundaner über der Sattlerschlucht am Hausberge vom Classenzimmer aus beobachtet

wurde. Der Blitz war von silberweißer Farbe und fuhr ein und ein viertelmal im Kreise herum.

Auch die Charakterisirung der Linienblitze als Blitze von einer ganz außerordentlich kurzen Zeitdauer ist nicht ganz ausnahmslos zutreffend. Ein sehr aufmerksamer Beobachter der Gewittererscheinungen, Dr. Schneider in

Fig. 129.



Blitzschlag in ein Wasserreservoir.

Düsseldorf, bemerkte, wie H. J. Klein erzählt, bei einem am 26. April 1862 sich über jenem Orte entladenden Gewitter einen scheinbar fast senkrecht herabfahrenden Linienblitz, etwa 25 Grade lang, der nicht plötzlich verschwand, sondern allmählich erlosch. Das Licht desselben blieb nämlich nicht in allen Theilen gleichartig, sondern wurde allmählich in der Art schwächer, daß der Strahl abwechselnd hellere und dunklere Partien zeigte, die nach und nach erloschen, bis nur mehr einzelne getrennte Fünkchen übrig blieben, die nach

und nach verglommen. Die Dauer des Phänomens ſchätzt der Beobachter auf eine Secunde. In Bezug auf dieſe für einen Linienblitz ungewöhnlich lange

Fig. 130.

Vom Blitze getroffene Eiche.

Zeitdauer erinnert derſelbe an die weiter unten ausführlich zu beſprechende Erſcheinung der Kugelblitze.

Ueber die lange Dauer eines Blitzes während des Gewitters vom 30. April 1885 erzählt Reimann: Ich ſelbſt ſah während des Unterrichts

einen ganz fahlen Zickzackblitz, dessen Dauer eine ganz frappirend lange war, daß ich eben meinem Staunen Ausdruck geben wollte, als einer der Schüler ausrief: »Der bleibt ja stehen!« *)

Viel bestritten wurde die Frage, ob die Blitze stets in der Richtung von der Wolke zur Erde überschlagen oder ob es wohl auch vorkomme, daß der Lauf eines Blitzes von der Erde zur Wolke gerichtet sei, beziehungsweise ob es Blitze gibt, deren Bahn zunächst wohl der Erde zugewandt erscheint, dann aber umkehrt und wieder gegen die Wolke zu zurück verläuft. Daß eine endgiltige Beantwortung dieser Fragen von Wichtigkeit ist für die Erklärung der physikalischen Natur des Blitzes, bedarf wohl keiner näheren Begründung.

Wohl sprachen schon die Alten von rückkehrenden Blitzen (vergl. S. 99), doch wäre es falsch zu glauben, sie hätten in unserem Sinne Blitze mit gegen die Wolken gerichtetem Laufe wirklich beobachtet; eine solche Annahme stünde vollkommen im Widerspruche mit den sonstigen Angaben der Alten über den Blitz. Im Jahre 1713 war aber Scipio Maffei Zeuge, wie sich ein leuchtendes Meteor von der Erde aus erhob; er übergab seine Beobachtung der Oeffentlichkeit und suchte zu erklären, daß sich der Blitz auf der Erde oder in deren Nähe bilde. Seit dieser Zeit ist wiederholt behauptet worden, daß es Blitze gäbe, die von der Erde gegen die Wolken aufsteigen, und andererseits wurde ebenso lebhaft die Möglichkeit solcher Blitze bestritten. Es wird daher zweckmäßig sein, verläßliche Beobachtungen hierüber mitzutheilen.

Arago erzählt: In Steiermark liegt ein sehr hoher Berg, St. Ursula genannt, auf dessen Gipfel eine Kirche steht. Ein Arzt Johann Baptist Werloschnigg, der diese Kirche am 1. Mai 1700 besuchte, sah auf der halben Höhe des Berges sehr dicke und schwarze Wolken sich bilden, die bald der Herd eines starken Gewitters wurden. Der Himmel oberhalb des Berggipfels blieb fortwährend sehr heiter; die Sonne schien dort oben mit lebhaftem Glanze. Jeder konnte sich also in der Kirche in voller Sicherheit glauben, und doch erschlug der Blitz, welcher von der tieferen Wolke ausging, sieben Personen zur Seite des Dr. Werloschnigg.

Verläßlicher scheint eine von Sestier erzählte Beobachtung zu sein. Am 6. August 1767 befanden sich Chappe, d'Hauteroche, Cassini der Jüngere und Prunelay gegen 9 Uhr Abends im Observatorium zu Paris, als sie alle ganz deutlich einen Blitz sich von der Erde erheben sahen, und zwar etwa eine Meile von ihnen entfernt. Der spiralförmige Blitz veränderte sich seiner Stärke und Lebhaftigkeit nach im selben Maße, als er sich erhob; der ihm folgende Donner war unbedeutend. Um $^1/_4$11 Uhr wurde der Regen

*) Auch Th. du Moncel hat einige ältere Beobachtungen dieser Art erzählt.

immer stärker und die Gewitterwolken dehnten sich über Paris aus. Blitze und Donnerschläge folgten fast unmittelbar aufeinander. Die Beobachter behielten fortgesetzt ihren Platz, angesichts eines auf der Terrasse befindlichen Mastes des Observatoriums bei; dieser Mast, 30½ Fuß hoch, diente zum Heben der großen Fernrohre für astronomische Beobachtungen und trug an seinem oberen Ende eine Eisenfassung, in welcher eine Rolle aus demselben Metalle lief, bestimmt zur Aufnahme des Seiles dieser Aufzugvorrichtung. Dieser Mast stand ganz isolirt, 22 Toisen entfernt vom Gebäude und 32 Toisen von dem Aufenthaltsorte der Beobachter. Um ½11 Uhr beiläufig, erzählt Chappe, erhob sich ein Blitzstrahl in der Richtung dieses Mastes, und wir erblickten dies mit einer solchen Klarheit, daß wir alle riefen: »Ah le voilà!« Der Donner folgte augenblicklich. Ich bin überzeugt, daß der Blitz dem Maste entlang gelaufen ist, nicht nur weil ich ihn diese Richtung verfolgen gesehen habe, sondern auch, weil ich nach dem Blitzschlage ganz deutlich Funken in der Luft wahrgenommen habe. Diese Funken sahen ebenso aus, wie die einer erlöschenden Rakete und so scheint es mir sicher zu sein, daß sie von Holzspänen herrührten, welche der Blitz vom Maste losgerissen und entzündet hatte. Der Mast war mit Nägeln besetzt; viele derselben wurden vom Blitze getroffen, denn sie waren ihres rostigen Ueberzuges beraubt und theils geschwärzt, theils hatten sie eine blaue Farbe, gleich jener, welche Eisen durch Glühen erhält. Viele Stellen der Oberfläche des Mastes waren angebrannt, während man in seinen inneren Theilen nichts derartiges bemerkte.

Am 3. Mai 1769 befanden sich Chappe und d'Hauteroche bei Malino, einem Meiler ungefähr 16 Meilen von Mexiko entfernt, als sie gegen Süden eine große schwarze Walke in geringer Höhe über dem Horizonte wahrnahmen, während der andere Theil der Atmosphäre brennend erschien. Diese Wolke schien auf drei in gleichen Abständen von einander befindlichen Säulen zu ruhen, deren Enden nahe an den Horizont hinabreichten. So lange dieser Zustand erhalten blieb, sah man lebhafte und häufige Blitze an drei Stellen der Wolke oberhalb dieser Säulen hervorbrechen und gleichzeitig gingen elektrische Lichtstrahlen ähnlich denen des Nordlichtes, von Punkten des Horizontes aus, welche den vorgenannten Punkten in der Wolke entsprachen. Bald, nachdem die Wolke sich gesenkt hatte, sah man jeden Augenblick Blitze von der Erde ausgehen und gegen die Wolke fahren. Chappe glaubt um so weniger eine Täuschung annehmen zu dürfen, als er auf die merkwürdige Erscheinung zuerst von den gewiß ohne Voreingenommenheit beobachtenden Soldaten seiner Begleitung aufmerksam gemacht wurde, und überhaupt alle Personen seiner Umgebung die Erscheinung in derselben Weise wahrnahmen. Zwei Tage darauf bot sich annähernd dasselbe Schauspiel dar und es wurde gleichfalls bemerkt,

daß die Blitze von der Erde ausgingen und sich langsam genug erhoben, um den Ausgangspunkt und weiteren Verlauf unterscheiden zu können.

Im Sommer des Jahres 1787 setzten sich zwei Leute bei Tancon in der Gegend von Beaujolais während eines Gewitters unter einem Baume nieder. Es erfolgte ein Blitzschlag, der einen Mann tödtete, den anderen vorübergehend lähmte; ihre Haare fand man am Baume hängen. Ein eiserner Ring von dem Schuhe des einen wurde gleichfalls durch den Blitz in die Höhe geschleudert und blieb auf einem Aste hängen. Wenige Tage nach diesem Unglücksfalle besuchte Carmoy die Stelle. Er fand unter einem von der Unglücksstelle zwei bis drei Fuß entfernten Baume ein rundes, nach oben trichterförmig erweitertes Loch in der Erde. Einige Fuß oberhalb der Erde war die Rinde des Baumes aufgerissen, darunter fanden sich viele rinnenförmige nach oben gerichtete Aufreißungen. Seitlich davon stand der Baum, unter welchem die Unglücklichen gesessen waren. Der untere Theil dieses Baumes zeigte keine Verletzungen, aber in 10 Fuß Höhe waren die Rinde und ansehnliche Holzsplitter des Stammes selbst abgerissen. Man sah eine große Anzahl langer Späne von unten nach oben zu losgetrennt und an ihren oberen Enden durch die oberen Theile des Baumes gehalten. Auf der einen Seite waren die Blätter vertrocknet, auf der anderen frisch geblieben. Der Blitz scheint sonach aus dem Erdtrichter aufgestiegen zu sein, die Baumrinde zerstört zu haben und in der Höhe von zwei bis drei Fuß auf die beiden Leute übergesprungen zu sein. Dort führte er die Haare und den eisernen Ring in die Höhe, beschädigte den Baum und verlor sich durch dessen Aeste und Blätter.

Auch H. J. Klein erzählt verschiedene Blitzschläge, die als nach oben gerichtete Entladungen aufgefaßt werden müssen. Im Jahre 1787 befand sich der Consistorialrath Koch mit mehreren Freunden im Harze, als sie von einer in gleicher Höhe befindlichen Gewitterwolke überrascht wurden. Die Beobachter versicherten, wahrgenommen zu haben, daß jedesmal, wenn ein Blitz zur Erde fuhr, ein anscheinend gleich starker Strahl aus dem Boden in die Luft heraufschlug.

Eine directe Beobachtung eines Blitzes, der mit seinem einen Ende die Erde berührte, mit dem entgegengesetzten aber die Wolkenfläche nicht erreichte, ist in dem dritten Bande der neuen Abhandlungen der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften aus dem Jahre 1800 enthalten. Der Forstmeister König kam beim Ausbruche eines Gewitters aus dem Walde und setzte sich etwa 60 Schritte vom Rande desselben entfernt auf einem Holzblock nieder. Nach Verlauf von etwa 8 Minuten sah er am Rande des Forstes zwischen einer starken Kiefer und einer kleinen Fichte ein hellblaues, etwas gelbliches Flämmchen entstehen, das kaum so groß als der Kopf eines Kindes

sein mochte, aber nach einer halben Minute wuchs es zum Umfange eines Eimerfasses an, platzte dann plötzlich und fuhr mit lautem Geprassel an der Kiefer hinauf und zerschellte fünf Zoll weit deren Rinde. Die Fichte erlitt keine Verletzung. Einige Zeit darauf folgte ein rollender Donner. Zwischen beiden Bäumen fand sich in der Erde ein zwei Fuß tiefes Loch. Diese Beobachtung läßt nach Klein's Meinung über das Vorkommen aus dem Boden fahrender Blitze keinen Zweifel mehr übrig.

Am 29. August 1808 schlug, nach demselben Berichterstatter, der Blitz in das Gartenhaus einer Schenke hinter dem Spitale der Salpetrière in Paris. Ein Arbeiter, der sich zufällig dort befand, wurde getödtet. Man fand Stücke seines Hutes an der Decke haftend.

Von dem Apotheker Pfeffer in Gaberstein gelangte an H. J. Klein nachstehende Mittheilung: Den 15. Juli 1839 ging ich von Montigny in Waadt (Schweiz) in Begleitung eines andern Herrn über den Col de Balme nach Chamounix. Es war des Morgens eine drückende Hitze, schon um 10 Uhr in Montigny 36 Grad Réaumur, doch der Himmel, so viel ich mich erinnere, vollkommen klar. Wir waren Nachmittags etwa um 4 Uhr noch beiläufig eine halbe Stunde von der Paßhöhe entfernt, als es, nachdem vorher schon einige Gewitterwolken aufgestiegen waren, plötzlich sehr finster wurde, die schweren Gewitterwolken sich immer mehr senkten, so daß wir, nachdem einige Blitze und Donnerschläge und etwas Regen erfolgt, wie mit einem Male ganz in den Wolken waren. Wir waren natürlich sofort bis auf die Haut durchnäßt, ehe der nun folgende furchtbare Regenguß erfolgte. Die Wolken selbst waren von einer solchen Dichtigkeit, daß wir kaum fünf Schritte weit sehen konnten. Blitze fuhren hin und her, doch Donner hörten wir gar nicht. Wir hatten unser Leben aufgegeben, marschirten deshalb, obgleich dadurch die Gefahr vergrößert wurde, mit aufgespanntem Regenschirme und ich betrachtete alles mit einer gewissen stoischen Ruhe. Wir hörten nur das starke Knistern (wie bei einer Elektrisirmaschine) von den Blitzen, die schwache Strohhalme dick bald von einer Wolkenschicht zur andern, bald in die Tiefe fuhren, aber häufig in Entfernungen von 2 bis 4 Fuß uns umzingelten. Plötzlich fuhr ungefähr $1^1/_2$ Fuß vor mir ein Blitzfunke aus der Erde, der sich etwa 2 bis 3 Fuß hoch erhob und sich da mit dem aus einer Wolkenschicht kommenden Funken vereinigte; ich stand im ersten Moment wie geblendet, und in einer starken Dunstatmosphäre (Ozon). Ich sah hier also ganz deutlich den Funken aus der Erde fahren, denn er kam beinahe aus derselben Stelle, wo ich gerade meinen Fuß hinsetzen wollte. Nachdem wir nun ungefähr eine Viertelstunde weiter marschirt waren, kamen wir plötzlich über die Wolken und sahen über uns ganz klaren Himmel und

Sonnenschein, doch da uns die Blitze kolossal umzingelten (jetzt zickzackartig, nicht gerade, wie innerhalb der Wolkenschicht), so setzten wir uns in schwachen Laufschritt, ungefähr 100 bis 200 Fuß über die Wolkenschicht, beinahe auf der Paßhöhe, dann blieben wir aber trotz unseres Durchnäßtseins wohl eine Viertelstunde stehen, um die großartige Naturerscheinung genau zu sehen. Sobald ein Blitz kam, war unter uns die Landschaft hell erleuchtet, besonders sahen wir sehr hervortreten die Kirche eines Dorfes, dann erfolgte ein Aufeinanderstoßen der Wolken und nun furchtbarer Donner, der in den Bergen tüchtig widerhallte, dann wurde unter uns plötzliche Finsterniß, bis wieder ein neuer Blitz erschien und alles erleuchtete u. s. w.

Am 26. Juni 1854 wurde, wie Sestier berichtet, in der Gegend von Tournay (Meurthe) ein Mann unter einer Eiche vom Blitze getödtet. Der Unglückliche zeigte an seinem Kopfe an der linken Schläfe eine leichte Verwundung und einige Tropfen Blut. Der Boden seines Strohhutes, welcher noch auf dem Kopfe saß, wurde in einer Höhe von ungefähr zwei Meter auf dem Baume gefunden.

Am 26. August 1821 traf, wie Parisot erzählt, der Blitz um $^1/_2$10 Uhr ein Häuschen in Chapelle-aux-Bois bei Épinal. Der ganze Lehm, welcher das Pflaster in dieser ärmlichen Behausung vertrat, war an vielen Stellen tief gefurcht und an die Decke geworfen, wo er wie ein Anwurf hängen blieb.

Am selben Tage traf der Blitz zu Épinal ein kleines Haus und schleuderte mehrere Bewohner desselben zu Boden. Vier Kirschbäume, welche vor dem Hause standen, boten nach dem Schlage ein beachtenswertes Aussehen dar:

1. Ihre Rinde war am Erdboden rund um den Stamm herum abgeschnitten, von unten nach oben gekehrt, derart, daß die sämmtlichen Streifen am oberen Theile des Stammes einen darüber gestülpten Trichter von 3 bis 4 Decimeter Höhe bildeten.

2. Der übrige Theil des Baumes, d. h. die ganze obere Partie, zeigte nicht die geringsten Spuren eines Blitzschlages.

3. Sämmtliche Aeste, groß und klein, ebenso wie die Blätter vom Fuße bis zum Gipfel waren auf ihrer Unterseite mit Erde und Koth bedeckt. Endlich fand man auch zwei kleine Löcher in der Erde, jenen Punkten entsprechend, an welchen zwei starke Wurzeln des einen Baumes die Oberfläche des benachbarten Weges erreichten.

Die nachfolgende von H. J. Klein mitgetheilte Erscheinung dürfte gleichfalls den aus dem Boden aufschießenden Blitzen beizuzählen sein. Am 12. November 1864 befand sich das Stettiner Schiff »Der West« gleich nach

Mittag unter 5° 48′ nördlicher Breite und 106° 15′ östlicher Länge Gr. Plötzlich zeigte sich in dem umgebenden Wasser bis sechs oder sieben Faden rings um das Schiff eine merkwürdige Erscheinung. Lichtgarben schossen aus dem Wasser empor, ähnlich den Strahlen des Nordlichtes, und gleichzeitig ertönten schnell aufeinanderfolgende Schläge, deren man 100 bis 110 in der Minute zählen konnte. Das Leuchten schoß von allen Theilen des Schiffes nach außen hin und war am intensivsten fünf oder sechs Fuß vom Schiffe, das während der Dauer der Erscheinung einen Weg von $2^1/_2$ englischen Meilen zurücklegte. Der Himmel war mit Stratus- und Cumuluswolken derart bedeckt, daß mit zunehmendem Winde klare Luft blieb. Obgleich die Atmosphäre schwül und drückend war, so zeigten sich dennoch keine Vorzeichen von einem Gewitter; ein solches kam indes nach Ablauf von fünf Stunden zum Ausbruche. Barometer und Compaß standen wie gewöhnlich.

In einem Briefe, welchen F. G. Tippinge in Sansaw, Shrewsbury, an den Herausgeber des »Meteor Magazine« richtete, ist ein Blitzschlag vom 6. August 1885 in folgender Weise beschrieben: Letzten Donnerstag Nachts zwischen $9^1/_2$ und $10^1/_2$ Uhr hatten wir die größte elektrische Entladung, welche ich je gesehen habe; Entfernung, 14 bis 31 Secunden Schalldauer, also 3 bis 6 Meilen. Zweimal sahen meine Tochter und ich deutliche Blitze vom Boden zur Wolke steigen; eine andere, mich sehr interessirende Erscheinung war ein helles Leuchten, welches wiederholt am unteren Ende eines ausbiegenden Terrains auftrat, zur Spitze hinaufzog, sich längs der Begrenzung der Bäume und ganz nahe daran erstreckte und so das Ganze als ununterbrochene Linie in glänzender Beleuchtung zeigte. Das Gewitter stand von Osten ringsum über Süden gegen Südwesten. Ich habe gewiß noch nie eine Blitzerscheinung von solcher Ausdehnung und solchem Glanze gesehen. Ein Blitz, wahrscheinlich näher als die übrigen, hat mich so geblendet, daß ich an jenem Abende nicht mehr lesen konnte. Symons, der Herausgeber des genannten Journals, bemerkt dazu, daß aufwärtsfahrende Blitze viel seltener zu sehen sind, als niederfahrende; die Meinung einiger Elektriker, daß jeder Blitz doppelt sei, widerspreche unserem Gesichtseindrucke und den Blitzphotographien. Auffahrende Blitze seien selten aber sehr heftig.

In dem bereits wiederholt citirten Berichte Reimann's über Gewittererscheinungen im Riesengebirge, insbesondere auf der Schneekoppe, ist gleichfalls der aufsteigenden Blitze gedacht. Ein älterer Schüler des Hirschberger Gymnasiums erzählte Reimann, daß sich einmal an einem Nachmittage gegen 3 Uhr auf der Koppe ein Gewitter zu seinen Füßen entladen habe, und daß vier Blitze von unten senkrecht nach oben in die blaue Luft hineingegangen wären, was er ganz genau erkannt habe, ein Irrthum oder eine

optische Täuschung sei nicht möglich gewesen. Die Gewitterwolke, auf die er direct herabgesehen, habe, etwas höher als der Kamm, bis an den Koppenkegel herangestanden, so daß er von oben zwischen Berg und Wolke nicht habe durchsehen können, und habe das ganze Thal erfüllt. Er selbst sei vor der preußischen Baude gestanden, ganz von heiterer Luft umgeben und blauen Himmel über sich, und habe immer den Kopf in die Höhe heben müssen, um das obere Ende der Blitze zu sehen, die sich über seinen Standpunkt noch ungefähr ebenso hoch in die Luft schlängelten, als die Wolke unter ihm gelagert habe, so daß die Länge der Blitze 200 bis 300 Meter betragen haben müsse. Dieselben wären auffallend langsam in die Höhe gegangen, und ein paar Mal hätte zugleich die ganze Oberfläche der Wolke geleuchtet; von dem sie begleitenden Donner wisse er nichts besonderes zu sagen.

Da Reimann zuerst trotz dieser klaren und detaillirten Schilderung die ganze Sache höchst unwahrscheinlich vorkam, indem ihm von nach oben fahrenden Blitzen nur die von Arago erzählte Geschichte von dem Schlage in die St. Ursulakirche in Steiermark bekannt war, so suchte er zunächst Herrn Lungwitz (vergl. S. 257) auf, der seit 50 Jahren im Riesengebirge ansässig, auf dem Kamme wohl bekannt ist und als erfahrener und umsichtiger Mann in Ansehen steht. Auch dieser erzählte, daß er einmal von der Koppe aus eine Gewitterwolke im Melzergrunde und Blitze zickzackförmig nach oben und ebenso nach den Seiten von ihr ausgehen gesehen hat; über der Koppe war der Himmel heiter und nur stellenweise von Schichtgewölk bedeckt. Die Blitze haben sich in der Luft im Blauen verloren, die Wolken sind nicht von ihnen erreicht worden, wenn auch einige Blitze den Weg auf sie zu genommen haben. Bei den nach oben fahrenden Blitzen war zuweilen gar kein oder nur schwacher Donner zu hören. Endlich bestätigten diese Beobachtung Pohl und Kirchschlaeger (vergl. S. 329), und zwar völlig unabhängig von einander, letzterer brieflich. Auch Pohl hat vielfach zickzackförmige Blitze, die sich in ihrem Aussehen nicht von gewöhnlichen Blitzen unterschieden, aus tiefstehenden Wolken vertical nach oben fahren und in der Luft sich verlieren gesehen; er fügte hinzu, daß, wenn noch in der Höhe mehr oder weniger ausgedehntes Gewölk sich befand, die Blitze nicht bis zu diesem gedrungen sind. Der Donner derselben gleiche ganz dem der nach unten gehenden, welcher in dieser Höhe schwächer als im Thale klingt und von nur kurzem Rollen begleitet ist.

Weiter oben (Seite 338) wurde eines von Reimann erstatteten Berichtes über ein Phänomen gedacht, welches gewissermaßen den Uebergang eines Elmsfeuers in einen aufsteigenden Blitz darstellt. In demselben Berichte findet sich auch nachstehende Erzählung des Revierförsters Kriegel in Seiffershau:

Ich befand mich in der Nähe der Leopoldsbaude, in einer Seehöhe von etwa 650 Meter, beiläufig 250 Meter über dem Bahnhofe von Alt-Kemnitz. Ein mit starkem Regen verbundenes Gewitter war von Westen her über die Ortschaften Alt-Kemnitz, Reibnitz, Gotschdorf bis Hirschberg gezogen, hatte dort Kehrt gemacht und war den Bober entlang abwärts gegangen und bis zur Mündung des Kemnitzbaches gelangt. Hier verhielt es sich längere Zeit und entlud sich, während es bisher nur schwach geblitzt hatte, mit großer Heftigkeit. Ueber mir und um mich herum war es heiter. Unter mir aber auf der Landschaft lagerte eine sich weithin erstreckende Nebelschicht, welche die Dörfer Krommerau, Alt-Kemnitz, Bertheldorf u. s. w. bedeckte, indessen bei geringer Dicke nur den Fuß der Berge einhüllte. Oberhalb des Nebels war es durchsichtig, so daß die oberen Theile der über die Nebelschicht hinwegragenden Berge sichtbar waren. Es schlugen nun zwei Zickzackblitze gleich hintereinander aus der Gewitterwolke in die Nebelschicht, und sofort folgten zwei Schlangenblitze aus der Nebelschicht heraus nach oben. Drei Minuten später blitzte es wieder im Zickzack von oben herab, und gleich darauf kam der dritte Schlangenblitz aus dem Nebel. Die Schlangenblitze aus dem Nebel erfolgten in der Gegend von Berthelsdorf und Ullersdorf, die Zickzackblitze aus der Gewitterwolke waren etwas entfernter und weiter rechts. Das Aussehen der Blitze aus der Wolke und dem Nebel war verschieden, wie ich schon durch die Bezeichnung angedeutet habe. Erstere waren reguläre Zickzackblitze, letztere geschlängelt und oben an der Spitze umgebogen und nach Osten zu gewendet. Die Blitze aus der Wolke kamen aus höheren Regionen, als die Schlangenblitze erreichten; der eine von letzteren blieb mit seinem oberen Ende ein großes Stück unter der Gewitterwolke. Ein Unterschied der Farbe der Blitze ist mir nicht aufgefallen, ebensowenig ein solcher des Donners, der unaufhörlich rollte und von den verschiedenen Blitzen sich vermischte.

Von Dr. Kremser aus Berlin wurde mitgetheilt, daß am 29. Juni 1879 Beetz und Lingg aus München eigenthümliche Blitze raketenartig und verhältnißmäßig langsam in die Höhe steigen und sich gleichzeitig verzweigen gesehen haben, und daß am 23. Juni 1881 ähnliche Blitze beobachtet wurden.

Kolbenheyer schrieb an die Redaction der Meteorologischen Zeitschrift (Octoberheft 1886): Am 19. August 1868 bestieg ich die unter 49° 34′ n. Br. und 37° 12′ östl. L. (von Ferro) an der ungarisch-galizischen Grenze gelegene, 1725 Meter hohe Babiagora, die höchste Spitze der West-Beskiden. Während ich in der Zeit von 1 bis 2 Uhr Nachmittags auf dem kahlen Gipfel, der schon über die Krummholzregion hinausragt, botanisirte, füllten sich die Thäler allmählich mit Nebel und Wolken, die jedoch nicht höher stiegen, als

bis zu dem von oben deutlich sichtbaren Vorberge Brana, dessen Seehöhe ich beim Aufstiege barometrisch gemessen hatte und später zu 1520 Meter berechnete. Bald nach 2 Uhr brach zu meinen Füßen ein Gewitter los; über mir war der Himmel ganz wolkenlos, schön blau, unter mir aber wogte ein Wolkenmeer, das jedoch die oben erwähnte Brana nicht überstieg, blitzte und donnerte es unaufhörlich und gewährten die fahl erscheinenden, nach oben fahrenden Blitze einen ganz eigenthümlichen Anblick. Das Gewitter dauerte bis 3 Uhr, zu welcher Stunde ich auf die Brana hinabgestiegen war, unter der ich in die Wolken hineingelangte. Der Regen hörte erst um 6 Uhr Abends auf.

In Ferrari's Bericht über die Gewitter Oberitaliens ist gleichfalls die Beobachtung eines aufsteigenden Blitzes verzeichnet. Derselbe wurde während des zweiten Gewitters vom 28. Mai gegen $2\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags in Iggio bei Pellegrino (Parma) bemerkt. Während des Gewitters sahen einige Personen, welche auf der Gemeindestraße von Iggio arbeiteten, den Blitz aus der Erde in geringer Entfernung von ihren Füßen sich erheben; er erreichte keine Person, brach aber drei Eichen, auf welchen sich einige Eichhörnchen befanden, die durch den Schlag getödtet wurden.

Hierher dürften auch einige Beispiele gehören, welche Arago über Beobachtungen rückläufiger oder rückkehrender Blitze gesammelt hat. Sie mögen nachstehend wiedergegeben werden.

Sorrentino sagt in einem Berichte über den Ausbruch des Vesuvs im Jahre 1707, daß sich die Bewohner in der tiefsten Dunkelheit eingehüllt mitten unter Blitzen befanden. Die Blitze, welche aus dem Feuerschlot des Vesuvs hervorbrachen, überschritten in ihrem Laufe nicht das Cap Pausilippo, bei welchem auch die Aschenwolke aufhörte. Dort bogen sie um und kamen auf demselben Wege zurück, um in den Feuerschlot, von welchem sie ausgegangen, einzuschlagen.

Sir William Hamilton spricht sich ebenso deutlich aus: Die vulcanischen Blitze (bei dem Ausbruche des Vesuvs vom Jahre 1799) verließen sehr selten die schwarze Aschenwolke, welche nach der Stadt Neapel sich hinzog und letztere mit gänzlichem Untergange zu bedrohen schien; sie kehrten nach dem Krater des Vulcans zurück und vereinigten sich mit der aufsteigenden Feuersäule, von welcher man sie ursprünglich ausgehen sah. Nur ein oder zwei Male schlugen diese Blitze (oder Ferilli, wie die Neapolitaner sie nennen) auf der Somma ein und entzündeten trockene Sträucher und Kräuter.

Die eigenthümliche Rückwärtsbewegung der Blitze erster Classe findet sich auch sehr deutlich in der folgenden Thatsache angezeigt. D'Abbadie berichtet, daß er in Aethiopien Blitze erster Classe aus einer höheren horizontalen Wolke

nach einer zweiten tieferen, der ersten gleiche Wolke habe hinabfahren, und dann in ihrem Laufe umkehren sehen, so daß ihre Bahn ungefähr ein V bildete. Auf ähnliche Beobachtungen aus unserer Zeit zurückzukommen, wird sich weiter unten, bei Besprechung der Blitzphotographien, Gelegenheit ergeben.

An dieser Stelle möge nur noch eine von Reimann mitgetheilte Beobachtung Erwähnung finden. Rentier Pietsch hat bei einem der heftigsten Gewitter im April oder Mai 1885 einen Blitz gesehen, welcher die ungefähre Form eines Herzens hatte. Ein kurzer dicker, scheinbar aufwärts fahrender Strahl theilte sich in zwei Aeste, welche sich nach rechts und links umbogen und unten zusammenschlugen.

Die Form der Blitze erster Classe, also die Linienblitze betreffend, haben wir noch einer Art der Erscheinung zu gedenken, die nicht gar zu selten beobachtet wird; es ist dies die Erscheinung des Linienblitzes als getheilter Strahl oder in baumartiger Verästelung. Es ergab sich bereits weiter oben bei der Beobachtung aufsteigender Blitze durch Beetz (S. 405) jener eines besonderen Phänomens durch Krätzig (S. 338) und der Schilderung eines Spiralblitzes durch Reimann (S. 395) Gelegenheit, dieser Erscheinung flüchtig zu gedenken und die Besprechung der Blitzphotographien wird uns abermals darauf zurückführen; an dieser Stelle mögen aber einige directe Beobachtungen Erwähnung finden.

Der Abbé Richard sah einen einzigen leuchtenden Streifen aus der Wolke fahren, sich dann in einiger Entfernung von der Erde in zwei zertheilen, und jede Hälfte für sich in einen besonderen Gegenstand einschlagen.

Arago erzählt folgende Beobachtung Nicholson's: Am 19. Juni 1781 zog ein heftiges Gewitter über den westlichen Theil von London. Ich war damals in Batterſea und beobachtete, daß die Blitze, denen übrigens sehr deutliche und bestimmte Donnerschläge folgten, in der Mehrzahl der Fälle an ihrem unteren Ende gabelförmig gespalten waren; jedoch niemals an ihrem oberen. Nach Angabe des Abbés Ferrara bildeten sich am 18. Juni 1763 auf der südlichen Rückwand des Aetna in einiger Entfernung von dem Gipfel eine Anzahl von Oeffnungen, aus denen ungeheure kugelförmige Massen von schwarzem Rauche, gemischt mit Asche und glühendem Staube, hervorbrachen. Diese Wolken wurden unaufhörlich durch Blitze mit drei Spitzen durchfurcht.

Ferner wurde, wie Johann v. Charpentier Arago mittheilte, ein dreitheiliger Blitz am 25. Juni 1794 zu Freiberg beobachtet. Die mittelste Spitze traf ein auf dem Domplatze gelegenes Haus; der südliche Zweig entzündete ein anderes in der Vorstadt, nahe bei der Stockmühle gelegenes Haus; der dritte nördliche Zweig ging über die Stadt in nordwestlicher Richtung hin und setzte eine Strohhütte nahe bei dem Dorfe Klein-Watersdorf in Brand.

Das in der Nähe der Stockmühle entzündete Haus lag 3807 Fuß südlich von dem auf dem Domplatze vom Blitz getroffenen, und die Entfernung von letzterem bis zur entzündeten Strohhütte betrug 8284 Fuß.

J. A. H. Reimarus erzählt gleichfalls von einem dreitheiligen Blitzschlage. Am 15. September 1785 entstand um 5 Uhr Abends ein Gewitter zu Avignon. Nach einigen Schlägen fiel ein sehr starker Blitz, davon viele Personen bis zu einer Entfernung von 100 Toisen Erschütterungen empfanden, einige auch zu Boden stürzten und den verschiedene in getheilten Strahlen herabschießen sahen auf drei aneinander stoßende Häuser, die dem Rathhause gegenüberliegen. Zwei derselben waren, ohne das unterste Geschoß zu rechnen, vier, das mittlere aber nur drei Stockwerke hoch. In diesem war nur eine alte Wendeltreppe, in den beiden anderen aber von oben bis unten eine gehängte Treppe, bei welcher eine eiserne Angriffstange herabging.

In dem ersten Hause hatte der Strahl, außer einem Durchbruche im Dache, in der Ecke auf dem Boden ein Loch von 15 bis 16 Fuß im Gevierte durch die Mauer gebrochen. Weiter unten war er durch die 6 Zoll dicke Mauer, an welcher inwendig das obere Ende der besagten Angriffstange befestigt war, gedrungen. Er hatte nämlich gerade an der Stelle, wo sich das Ende derselben eingemauert befand, ein Loch, 4 Zoll breit und 15 Zoll hoch, durchgeschlagen, so daß das Eisen rund herum entblößt worden. Nun war er aber an dieser Stange, welche 20 Toisen lang ist, herabgefahren, ohne in diesem Zwischenraume irgendeine Beschädigung zu verursachen. Ja, ein Sack, welcher auf der Stange gelegen, zeigte nicht einmal ein Merkmal von Versengung. Am unteren Ende der Treppe hingegen hatte er den Stein, in welchem die erste Stütze der Stange befestigt war, gespalten und auf dem Fußboden einen schwarzen Strich hinterlassen, welcher den Weg anzeigte, den er noch zu einer anderen, eine Toise langen Stange genommen, die zum Geländer der Kellertreppe diente und nur 18 Zoll entfernt war. Von der Ecke derselben war er noch auf das untere Ende einer 3 Fuß entfernten Thür zugesprungen und hatte in diesem Zwischenraume den Haushund erschlagen. Auch war einem Mädchen, welches an dieser Thür stand, die Kleidung am vorderen Theile der Schulter versengt, sonst aber kein Schaden zugefügt.

In dem mittelsten Hause, wo es an einer solchen zusammenhängenden Leitung von Metall fehlte, war in den oberen Theilen viel zerschmettert, da der Blitz nur zerstreutes Metall hatte aufsuchen müssen, davon auch die Umwerfung eines Schornsteines zeugte, welcher hie und da mit eisernen Klammern an der Mauer des Hofes befestigt war.

An dem dritten Hause befand sich oben unter dem Dache eine blecherne Rinne. Gleich darunter, an einer Stelle, an welcher das Blech aufgebogen

worden, war in der Vordermauer ein Loch von 8 bis 9 Zoll im Gevierte gerade gegenüber dem eisernen Beschlage einer Thür durchgebrochen. Von dem anderen Ende war der Strahl auf verschiedene Nägel und Krampen an der Thürbekleidung hingefahren, welche auch dadurch zerschmettert ward. Von der Mitte der Thür sprang er, mittelst eines Nagels, auf das 12 bis 15 Zoll davon entfernte obere Ende der eisernen Stange zu, welche, wie im ersten Hause zum Angriffe an der Treppe diente. Um dahin zu kommen, mußte er die dazwischen befindliche Ecke einer Mauer durchbrechen. Sodann lief er auch hier der ganzen Länge dieser Stange nach, ohne einigen Schaden zu verursachen, ja ohne daß auch auf einem Mantel, der auf dieser Stange lag, eine Spur der Versengung zu finden war. Am Ende der untersten Stütze hatte er, wie im ersten Hause, den Stein, darin sie befestigt war, wie auch einen nahen Thürpfosten gespalten, hinter welchem eiserne Stangen lagen. Neben den beiden ersten Absätzen der Treppe befinden sich große in Holz gefaßte Fenster an einem mit Eisen umgebenen Balkon. Da nun, ungefähr wo die Stange an jedem dieser Fenster vorbeigeht, eine Scheibe zerschmettert war, so scheint es, daß ein Funken davon ab zu dem Eisen gesprungen sei. Auch waren an verschiedenen Orten der Treppe in dem Fuße, wo die Stützstangen des Geländers befestigt waren, kleine Steinsplitter abgesprengt.

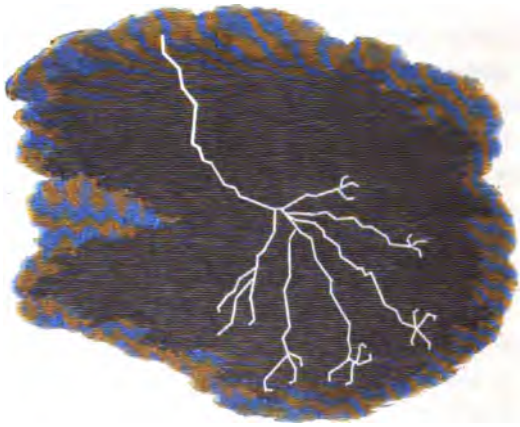
Auch H. J. Klein hat einige Fälle von getheilten Blitzen gesammelt. Hiernach beschreibt v. Yelin einen Blitzschlag, der den Kirchthurm zu Roßstall in Baiern traf. Der Strahl fand an dem aus wenigen Messingdrähten geflochtenen Ableitungstheile keine hinreichende Fortleitung und sprang auf das Zifferblatt der Thurmuhr über, nachdem er sich vorher getheilt hatte und zwei Strahlen den Ableitungsdrähten des Thurmes und der Kirche folgten.

Joule berichtet über einen merkwürdigen Fall von Blitzerscheinung, wobei sich der elektrische Strahl in Funken auflöste. Am 16. Juni 1850 zog über Manchester gegen 4 Uhr Nachmittags ein heftiges Gewitter empor, das von sehr starkem Regen begleitet war. Die intensivsten Blitzerscheinungen fanden nach 9 Uhr Abends statt, während nur einzelne Regentropfen fielen. Jeder Blitz schien von einer Wolkenmasse im Südwest auszugehen und in der Richtung zum Beobachter eine Strecke von etwa neun bis zehn englische Meilen zu durchlaufen. Dabei theilten sich die Blitze in ein halbes Dutzend und mehr Funken, oder zickzackförmige Lichtstreifen, die bisweilen an ihrem Ende wieder in eine Anzahl kleinerer Funken zerstoben. Der Beobachter bemerkte nicht, daß einer dieser Blitze bis auf den Erdboden herabreichte; ihre Höhe bestimmte er zu $3^1/_2$ englische Meilen. Eine merkwürdige Erscheinung war die merkliche Zeit des Laufes zweier Blitze. Die Hauptlichtstreifen waren immer erst gebildet, bevor die Funken divergirten, und nachdem sie gebildet waren, blieben sie noch eine

geraume Zeit ſtehen, bis das Ganze verſchwand. Zwei Brüder des Beobachters und einige andere Perſonen, welche ſich in einer Entfernung von zwei engliſchen Meilen befanden, bemerkten bezüglich der Blitze das Nämliche.

Ueber eine, dem Anſcheine nach ganz ähnliche Erſcheinung, welche in jüngſter Zeit beobachtet worden iſt, berichtet »La lumière électrique« folgendes: Freitag Abends am 17. Auguſt 1887 wurde London von einem heftigen Gewitter heimgeſucht, welches bedeutenden Schaden angerichtet hat. In London ſchlug der Blitz in einen Kirchthurm und zerſtörte ihn; in Birmingham wurden zwei Menſchen erſchlagen. Das bemerkenswerteſte Ereigniß dieſes Gewitters war jedoch ein ungeheurer Blitz von Zickzackform, welcher,

Fig. 131.



Verzweigter Blitz.

bevor er die Erde erreichte, eine ſehr große Anzahl von Feuerkugeln zu werfen ſchien, ähnlich einem Kunſtfeuerwerke.

Am 20. Juni 1861, gegen 4 Uhr Nachmittags, zog aus Südſüdoſt ein Gewitter, den Zenith nahe über dem Horizont von Köln. Bei einem der Blitze, welche die Gewitterwolke ausſendete, bemerkte H. J. Klein deutlich auf dem halben Wege eine Trennung in zwei Strahlen, die geſondert ihren Weg fortſetzten.

Weitere Angaben über getheilte Blitze findet man auch in Fonvielle's »Éclairs et tonnerres«. Liais hat eine Abbildung eines baumförmig verzweigten Blitzes geliefert, welchen er in Braſilien beobachtet hat.

P. Gallus Moſer erſtattete aus St. Lambrecht nachſtehenden Bericht an die Wiener meteorologiſche Zeitung. Am 15. Juni 1883 um 6¼ Uhr

Abends vereinigten sich zwei Gewitter, eines aus Südwesten, ein anderes aus Nordwesten, gerade oberhalb des Stiftsgebäudes; der Regen ohne Hagel rauschte in Strömen unter starkem Sturm aus Südwesten. Zu gleicher Zeit ließ plötzlich Regen und Sturm nach, es trat eine unheimliche, gänzliche Stille ein; dann plötzlich ein furchtbarer Krach. Der Blitz hatte ohne zu zünden, wie man nachher bemerkte, an wenigstens acht Stellen ins Stift eingeschlagen. Das Stift, weil von einem Kranze von hohen Bergen umgeben, hat keine Blitzableiter. Der Blitz traf: zwei Thürme (Mauerstücke fielen herab), den Dachstuhl der Bibliothek, ein Fenster, das zertrümmert wurde, das Zimmer des Prior, in welchem er ein kugelgroßes Loch ober dem Ofen riß, zum Glücke war es gerade unbewohnt, ein anderes Fenster, in welchem er eine Scheibe durch ein handgroßes Loch beschädigte, mein Zimmer (ich war nicht zu Hause), wo er ein Gewehr herabwarf, endlich, und das scheint das Centrum gewesen zu sein, schlug er in die Küche, von welcher durch den Rauchfang ein starker Eisendraht zum eventuellen Schließen des Rauchfanges bis zum Ende desselben führt, wo er an einer eisernen Deckklappe befestigt ist. In der Nähe des Rauchfanges saßen zwei Pfründner, ihr Abendessen verzehrend. Einer davon wurde vom Blitze niedergeschmettert, während dem zweiten gar kein Leid geschah; außerdem befanden sich in der Küche noch sieben bis acht Personen, welche alle unversehrt blieben. Alle aber nahmen nach dem Blitze, wie sie sagten, einen intensiven »Schwefelgeruch« wahr. Dem Getroffenen fuhr der Blitz in den Rücken, machte ihm in der Lederjoppe ein nußgroßes Loch, am Rücken eine handgroße Brandwunde, verbrannte an beiden Füßen die Socken, riß am rechten Fuße an der Ferse ein Loch, riß zwei Zehen weg u. s. w. Er verlor anfangs das Bewußtsein, kam aber bald zu sich und sagte, er habe weder etwas gehört noch gefühlt. Jetzt (3. Juli) ist er fast ganz hergestellt.

Die getroffenen Stellen des Gebäudes sind räumlich ziemlich weit von einander entfernt, so daß ein ganzes Bündel Blitzstrahlen vorhanden sein mußte.

Dieser soeben beschriebene Blitz bestärkte mich noch mehr in meiner Meinung, daß beim Einschlagen in den meisten Fällen mehrere Blitze, ein Bündel vorhanden sei. Als junger Student hatte ich Gelegenheit, mit eigenen Augen mich davon zu überzeugen.

In ein alleinstehendes Haus, in welchem sich gerade der Feldarbeit wegen kein Mensch befand, hatte der Blitz eingeschlagen. Ich befand mich, Pflanzen suchend, in der Nähe. Später begab ich mich in das erwähnte Haus und bemerkte an drei Stellen Zertrümmerungen, vom Blitze verursacht; jede dieser drei Stellen, räumlich vier bis fünf Klafter von einander entfernt, hatte ihr eigenes Loch in der Erde. Ein anderes Mal sah ich 50 Schritte von mir entfernt den Blitz in einen Baum fahren. Als ich hinging und den Baum

untersuchte, sah ich, daß auch ein zweiter Baum, vom ersten drei Klafter entfernt, getroffen war. Bei dem einen Baume war die Blitzwunde um den Baum im Zickzack herumgehend, beim zweiten von oben bis unten fast ganz in einer geraden Linie. Bei beiden Bäumen hatte unten der Blitz ein Loch in die Erde gerissen. Aehnliche Beobachtungen hatte ich schon mehrere Male zu machen Gelegenheit.

2. Wetterleuchten und Blitze ohne Donner.

Die Blitze der zweiten Classe oder die Flächenblitze wurden charakterisirt als elektrische Lichterscheinung von unbestimmter Begrenzung, welche sich im Gegensatze zu den Linienblitzen über Flächen größerer oder geringerer Ausdehnung erstreckt. Es sind dies jene Blitze, die, wie jedermann bekannt, die Mehrzahl der bei Gewittern zu beobachtenden elektrischen Entladungen bildet. Wenn aber Arago behauptet, daß im Verlaufe eines gewöhnlichen Gewitters Tausende von Flächenblitzen auf einen Linienblitz kommen, so ist dies doch nicht ganz richtig, wenigstens nicht für einen Beobachter auf einem nach allen Seiten hin freien Standpunkte. Dieser wird viele Blitze als Linienblitze wahrnehmen, von welchen ein Beobachter, dessen Ausblick durch Gebäude (z. B. in einer Stadt), Bäume u. s. w. beschränkt ist, nur den Reflex bemerkt und solche Entladungen daher für Flächenblitze halten kann. Ueberdies ist es auch möglich, daß der directe Anblick des Blitzes durch eine vorstehende Wolke entzogen ist, und auch in diesem Falle erscheint ein Linienblitz nur als eine momentane Aufhellung der Wolke, also als ein Flächenblitz.

Zu den Flächenblitzen gehören auch einerseits die Wärmeblitze oder das Wetterleuchten, während man diese andererseits den Blitzen ohne Donner beizählen kann. Es muß jedoch gleich an dieser Stelle bemerkt werden, daß man nicht jeden Blitz ohne Donner als in der Art der hierbei stattfindenden elektrischen Entladung dem Wetterleuchten gleichstellen kann, da man einerseits Wetterleuchten beobachtet hat, welches zweifellos auf entfernte Gewitter zurückzuführen ist, andererseits Blitze ohne Donner wahrgenommen wurden, welche der Classe der Linienblitze beizuzählen sind. Hiermit haben wir aber auch schon die beiden Ansichten angedeutet, welche in Bezug auf die Natur des Wetterleuchtens ausgesprochen wurden. Die eine geht nämlich dahin, man habe es beim Wetterleuchten immer nur mit entfernten Gewittern zu thun, also mit einer gewöhnlichen Gewittererscheinung, bei welcher man zwar den Donner nicht hört, weil das Gewitter zu weit von dem Beobachter entfernt ist, wohl aber noch den Reflex der Blitze sehen kann, da eben eine derartige Lichterscheinung weiterhin sichtbar ist, als der Schall des Donners hörbar wird. Die dieser Ansicht entgegenstehende

Meinung will aber das Wetterleuchten als eine eigenartige, von den gewöhnlichen Blitzen verschiedene elektrische Entladung aufgefaßt wissen.

Ein großer Theil der Gelehrten hat sich der ersterwähnten Ansicht angeschlossen. So will Lampadius unter dem Wetterleuchten entschieden nichts anderes verstanden wissen, als Blitze entfernter Gewitter und stützt seine Ansicht auf selbst gemachte Beobachtungen. Saussure führt zu Gunsten dieser Ansicht an, daß er in der Nacht vom 10. auf den 11. Juli 1783 auf der Grimsel gegen Genf ein starkes Wetterleuchten beobachtet habe, ohne Donner wahrzunehmen; hierauf erfuhr er, daß zur selben Zeit über Genf ein heftiges Gewitter niedergegangen sei. Am Abend des 31. Juli 1813 fand zwischen Dünkirchen und Calais ein heftiges Gewitter statt und zur selben Zeit beobachtete Howard zu Tottenham bei London, also in einer Entfernung von ungefähr 25 Meilen bei vollkommen klarem Himmel in der Richtung gegen Südosten lebhaftes Wetterleuchten. Reslhuber, der bekannte Astronom und Physiker von Kremsmünster, hat Beobachtungen von Wetterleuchten mit gleichzeitig in der Umgebung stattgehabten Gewittern zusammengestellt und ist auf Grund dieser Zusammenstellung gleichfalls zu der Ansicht gelangt, daß das Wetterleuchten stets auf entfernte Gewitter zurückzuführen sei. Allerdings wurde hierbei ein Flächenraum von nahe an 5000 Quadratmeilen in Betracht gezogen.

Lang äußert sich in der wiederholt genannten Abhandlung über Gewitterstudien in Italien in folgender Weise: Die schon lange bestehende Frage, ob es bloßes Wetterleuchten (lampi muti) ohne sonstige elektrische Entladung gäbe, glaubt Ferrari verneinen zu müssen, da sich dasselbe stets auf entfernte Gewitter habe beziehen lassen; auch auf baierischem Gebiete wurde festgestellt, daß sich Gewitter in einer Entfernung von 250 Kilometer und darüber noch als Wetterleuchten haben erkennen lassen. Es wird dies auch aus naheliegenden Gründen gar nicht wundernehmen und glauben wir, daß sich diese Frage erst wird entscheiden lassen, wenn Gewittererscheinungen sich durch Beobachtungsnetze ad hoc, wie z. B. das italienische oder baierische, auf weit ausgedehntere Gebiete verfolgen lassen, als dies zur Zeit schon möglich ist.

Die baierischen Beobachtungen des Wetterleuchtens gewähren insoferne ein besonderes Interesse, als sie zeigen, auf wie außerordentlich große Entfernungen hin die Blitze als Wetterleuchten wahrgenommen werden können. So konnte, wie v. Bezold in dem mehrerwähnten Berichte mittheilt, z. B. sowohl durch die Uebereinstimmung der Zeitangaben, als auch durch die auf die Richtung, in welcher die Erscheinung wahrgenommen wurde, bezüglichen Aufzeichnungen genau nachgewiesen werden, daß am 26. August 1880

an der Grenze von Sachsen-Meiningen Wetterleuchten beobachtet wurde, das von den Blitzen eines aus dem oberen Donauthale gegen Ulm hinziehenden Gewitters herrührte, so daß diese Blitze, beziehungsweise deren Widerschein auf eine Entfernung von etwa 240 Kilometer sichtbar waren. Desgleichen wurde am 9. December 1882, Abends zwischen 9 und 10 Uhr, an manchen Orten auch noch später, Wetterleuchten im Süden wahrgenommen, das von den Blitzen eines jenseits der Centralalpenkette niedergegangenen Gewitters herrührte. Unter diesen Orten befand sich auch Neunburg v. W. mit 49° 30′ n. Br., ein Ort, der von der Stelle des Gewitters selbst mindestens um 200 Kilometer entfernt war.

Uebrigens zeigt eine leichte Ueberlegung, daß es sehr wohl möglich sein muß, daß auf der baierischen Hochebene oder sogar von den im Norden der Donau gelegenen Höhenzügen Wetterleuchten wahrgenommen wird, das von Gewittern herrührt, die in der venetianischen Ebene niedergehen. Man sieht nämlich von verschiedenen Punkten der genannten Hochebene die hervorragendsten Gipfel der Centralalpen (Großvenediger, Großglockner); da diese nun gerade in der Mitte zwischen den betreffenden Gegenden liegen, und da oberhalb derselben befindliche Cirruswolken natürlich noch auf viel größere Entfernung hin sichtbar sein müssen, so ist gar kein Grund vorhanden, weshalb nicht Blitze, die solche Wolken erhellen, im Widerscheine, das heißt als Wetterleuchten auf so große Entfernungen hin wahrgenommen werden sollten.

Auf den Höhen oberhalb Kremsmünster beobachtete ich, bemerkt hierzu J. Hann, öfter hell leuchtende Blitze vom westlichen Horizont ausgehend, ohne daß dort Wolken sichtbar geworden wären, die doch durch die Blitze hätten erleuchtet werden müssen. In den meisten Fällen ließ sich später ein Gewitter in Baiern constatiren, oder es erreichte dasselbe noch in selber Nacht den Beobachtungsort. So war es z. B. am 14. August 1856, wo das Aufleuchten der Blitze am westlichen Horizont nach 8 Uhr Abends so stark war, daß es trotz Mondlicht auch dann noch auffiel, wenn ich das Gesicht nach Osten wandte, so stark wurde die Luft durch Blitze erleuchtet. Ein weniger passionirter und aufmerksamer Beobachter hätte mit Recht »Blitze ohne Donner« in sein Journal eingetragen. Die Leute sagen hier zu Lande von dieser Erscheinung: »der Himmel kühlt aus«, ganz entsprechend dem englischen »heat lightning«. Um 10 Uhr erst erschien tief am westlichen Horizont eine lichte Wolkenwand, der Rand des Cirrostratusschirmes eines Gewitters, und von Mitternacht bis gegen 1 Uhr zogen mehrere Gewitter vorüber.

Am weitesten sichtbar sind wohl die Blitze der sich eben bildenden Gewitter, wo dann die Häupter der geballten Cumuluswolken selbst aufleuchten und der sehr intensive Lichtschein sich allseitig frei fortpflanzen kann. Wenn

einmal in Front die breite und dichte Cirrostratusdecke sich ausbreitet, in welcher keine elektrischen Entladungen vor sich gehen, und die Blitze des eigentlichen Gewitterherdes durch die Wolken und den Regenschleier geschwächt werden, dürfte die Sichtbarkeit der elektrischen Entladungen im allgemeinen wesentlich beschränkt werden. Die in den Cumulushäuptern sich abspielenden Blitze haben dagegen eine außerordentlich große Leuchtkraft, wie man an heißen Sommerabenden gelegentlich beobachten kann.

Für die Möglichkeit, den Widerschein eines Blitzes auf sehr bedeutende Entfernungen hin wahrzunehmen, spricht ein Experiment, welches Zach im Jahre 1803 zum Zwecke von Längenbestimmungen ausführte. Es war dies das Abbrennen von Pulver (7 Unzen) in freier Luft auf dem Brocken. Der Widerschein dieser Flamme wurde in einer Entfernung von nahe an 40 Meilen wahrgenommen, also an Orten, wo der Gipfel des Brockens der Krümmung der Erdoberfläche wegen gar nicht mehr gesehen werden konnte. Und Arago theilt mit: Wenn man in Paris auf dem Invalidenplatze die Kanonen abfeuert, kann ein Beobachter auf der Allee von Luxemburg in der Nähe der rue d'Enfer (die gegenwärtig bedeutend erhöht ist) im Augenblicke der Abfeuerung einen bis über den Zenith sich erstreckenden Lichtschein wahrnehmen, obwohl man am genannten Beobachtungsorte nicht einmal die Spitze auf der hohen Kuppel des Invalidendomes erblickt.

H. J. Klein gibt zwar zu, daß das Wetterleuchten in vielen, vielleicht sogar in den meisten Fällen durch weit entfernte Gewitter seine Erklärung finden kann, tritt aber andererseits mit Entschiedenheit dafür ein, daß für gewisse Fälle diese Erklärung nicht zulässig sei. Er weist darauf hin, daß Reslhuber's Zusammenstellung der Gewitter mit gleichzeitigen Beobachtungen von Wetterleuchten für erstere ein zu großes Gebiet (nahe an 5000 Quadratmeilen) heranzieht, als daß hierdurch das Wetterleuchten vollkommen sicher mit Blitzen entfernter Gewitter identificirt werden könnte. Er weist auch darauf hin, daß für die Schweiz und die angrenzenden Länder der Verlauf der jährlichen Gewittercurve (beziehungsweise ihr Maximum) nicht mit jenem der Curve für das Wetterleuchten (beziehungsweise des Maximums derselben) zusammenfällt, was doch stattfinden müßte, wenn das Wetterleuchten ausnahmslos auf entfernte Gewitter zurückzuführen ist. Wie Wolff gezeigt hat, kommen nach Studer's Tagebüchern für Bern unter 1000 Gewittern und Wetterleuchten auf die einzelnen Monate:

	Anzahl der Gewitter	Wetterleuchten
Januar	0	5
Februar	0	11

	Anzahl der Gewitter	Anzahl der Wetterleuchten
März	7	11
April	57	55
Mai	223	120
Juni	215	137
Juli	227	137
August	174	284
September	79	175
October	14	60
November	4	5
December	0	0

Es tritt also das Maximum für die Gewittererscheinungen im Juli oder eigentlich schon Ende Juni ein, während das Wetterleuchten sein Maximum erst im August erreicht. H. J. Klein glaubt auch, daß Blitze auf Entfernungen von 20 bis 30 Meilen durch Reflexion an den Lufttheilchen kaum zu sehen sein dürften wegen des sehr bedeutenden, hierbei eintretenden Lichtverlustes. Dagegen wurden von ihm Wetterleuchten beobachtet von solcher Helligkeit, daß selbst helle Sterne verdunkelt wurden, während durch nachträglich eingezogene Erkundigungen festgestellt wurde, daß innerhalb eines Radius von 10 Meilen kein Gewitter zur bezeichneten Stunde stattgefunden hatte.

Schübler bemerkt, daß man am 26. August 1825 in mehreren Gegenden Württembergs Abends zwischen 9 und 12 Uhr bei völlig klarem Himmel Blitze gesehen habe, während kein Beobachter auf einer Fläche von 400 Quadratmeilen ein Gewitter wahrgenommen und auch die Atmosphäre zu dessen Bildung nicht geeignet erschien; erst an den folgenden Tagen durchzogen Gewitter einzelne Gegenden Württembergs. Schübler ist der Ansicht, daß an Sommertagen die kälteren Luftschichten gegen die Erde herabsinken und daselbst, umgeben von Feuchtigkeit, ihre Elektricität nach und nach durch Ausstrahlung verlieren.

H. J. Klein führt schließlich zur Stütze seiner Ansicht eigene Beobachtungen an. Am 6. September 1861 gegen $7\frac{1}{2}$ Uhr Abends zeigte sich am nordwestlichen Horizonte von Köln der Beginn eines Wetterleuchtens. Der Himmel war, außer an dieser Stelle, allenthalben wolkenfrei, jedoch von feinem Nebel erfüllt, wie die mit Dunsthüllen umgebenen Bilder der Sterne im Fernrohre deutlich erkennen ließen. Gegen 8 Uhr erblickte man einzelne rundliche Wolken von 30 Klafter Höhe über dem Horizonte, die sich langsam nach Norden bewegten. Gleichzeitig schienen die Punkte, von denen das Wetterleuchten vorzugsweise ausging, ebenfalls mehr nach Norden zu gehen. Zwanzig

Minuten später zeigten sich in dieser Richtung kleine cumuli oder cirrocumuli, von welchen, als Mittelpunkten, die einzelnen, an Intensität gesteigerten Lichtblitze ausgingen. Während solchen Aufblitzens erglänzten jene Wolken in blendendem, weißem oder rosenrothem Lichte. Die Dauer der Sichtbarkeit dieses Glanzes betrug jedesmal etwa drei Secunden. Später zeigten sich noch zwei andere solcher Radiationspunkte in der Nähe. Um 8 Uhr 50 Minuten wurden alle drei von Cumulusmassen bedeckt und man erblickte nunmehr das gewöhnliche Phänomen der zeitweisen Erhellung. Während der Sichtbarkeit jener drei Punkte, von 8 Uhr 20 Minuten bis 8 Uhr 50 Minuten, änderten sie genau mit den kleinen Wölkchen ihr Azimuth um mindestens 30 Klafter, während die Zenithdistanz zunahm. Die Ausgangspunkte des Wetterleuchtens lagen also in jenen kleinen Wolken. Nach 9 Uhr war das Wetterleuchten schon sehr schwach.

Am Abend des 26. April 1862 bemerkte Klein während eines Gewitters elektrische Entladungen, die er ebenfalls in die Classe des Wetterleuchtens rechnet. Deutlich ließen sich die zickzackförmigen Blitze von dem Wetterleuchten unterscheiden. Jenen folgten regelmäßig Donnerschläge, dem Aufblitzen des Wetterleuchtens aber bestimmt nicht.

Sehen wir nunmehr vom eigentlichen Wetterleuchten ab, so erübrigt noch die Beantwortung der Frage: gibt es auch Blitze (Flächen- und Linienblitze) ohne Donner? Die Antwort hierauf fällt, wie nachstehende Beispiele beweisen, bejahend aus. Arago erhielt aus den Beobachtungen, welche Dorta zu Rio Janeiro gemacht und in den Denkschriften der Lissaboner Akademie niedergelegt hat, folgende Angaben:

Im Jahre	1783	. .	24	Tage	mit	Blitzen	ohne	Donner
» »	1784	. .	48	»	»	»	»	»
» »	1785	. .	47	»	»	»	»	»
» »	1787	. .	51	»	»	»	»	»

Das von Lind zu Patna in Indien (unter 25° 37′ nördl. Br.) im Jahre 1826 geführte meteorologische Tagebuch ergab eine noch viel größere Zahl als die Beobachtungen in Rio Janeiro, nämlich 73 Tage mit Blitzen ohne Donner.

Deutliche Linienblitze (Zickzackblitze), welchen kein Donner folgte, wurden von Ayrer beobachtet. Während eines Gewitters, welches um 4 Uhr Nachmittags am 4. August 1784 in der Gegend von Groß-Uemerow (Mecklenburg) losbrach, entstand ein heftiger Wirbelwind, der mit dem Gewitter zusammentraf. Von den blendend hellen Blitzen, die wie Pfeile in die Höhe fuhren, blieben einige ohne nachfolgenden Donner.

Der jüngere Deluc hat folgende Beobachtung gemacht: Am 1. Auguſt 1791 erſchien in Genf, nach dem Untergange der Sonne, der Himmel im Weſten oberhalb des Jura bedeckt. Die Wolken wurden in dieſer Gegend von ſtrahlenden Blitzen durchzuckt, und dennoch ließ ſich kein Donner hören. Man kann entgegnen, daß eine Entfernung von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Meilen genügte, um das Geräuſch der elektriſchen Entladung gänzlich unhörbar zu machen; ich will daher noch einen Schritt vorwärts gehen. Die Wolken auf dem Jura erhoben ſich allmählich bis zum Scheitelpunkte von Genf. Noch immer kamen aus ihnen, erzählt Deluc, ſolche Blitze, daß ein Donner, fähig das Gehirn zu erſchüttern, ihnen folgen zu müſſen ſchien, und doch hörte man davon faſt gar nichts. Dagegen erzeugte einer dieſer Blitze (Deluc ſagt nicht, daß gerade dieſer glänzender war als die übrigen) einen entſetzlichen Donner. Es folgte ein kurzer Regenguß. Darauf blitzte es mehrfach von neuem, aber, fügt Deluc hinzu, ich hörte keinen Donner mehr.

Im Juni 1837 beobachtete Dr. v. Reichenbach in Geſellſchaft des Grafen und der Gräfin Salm einen Zickzackblitz, welchem kein Donner folgte. Auch nahm erſterer mehrere Blitze wahr, welche einer mächtig aufgeballten Haufenwolke ohne irgend einem wahrnehmbaren Geräuſche entfuhren, während die Wolke, ihr Volumen allmählich verkleinernd, von Nordweſten nach Weſten zog.

Bravais hat ſogar hell leuchtende Blitze, die dreimal einſchlugen, beobachtet, ohne Donner wahrzunehmen. Es ereignete ſich dies zu Lyon in der Nacht vom 24. auf den 25. Juni 1844 während eines Gewitters, welches bei Südweſtſturm mit nußgroßen Schloſſen und Platzregen über die genannte Stadt niederging.

Ueber ein ſehr merkwürdiges, donnerloſes Gewitter, das ſüdweſtlich von Wien (Penzing) niederging, hat Schrötter berichtet. Als das Gewitter ſeine höchſte Intenſität erreichte, fuhren oft fünf bis ſechs Blitze vom Zenith bis zum Horizont, während dazwiſchen fortwährend rothe Flächenblitze zu ſehen waren. Zwar war das Toben des Sturmes und das Krachen der Bäume ſtark genug, um ſchwache Donner zu übertäuben, aber es erwartete doch jedermann, daß nach den beſonders heftigen elektriſchen Entladungen, ebenſo heftige Donner erfolgen werden — aber vergebens.

Haidinger beobachtete am 22. Juni 1845 in Wien um $8\frac{1}{2}$ Uhr Abends Wetterleuchten im Nordweſten, Weſten und Südweſten: ſpäter wurden auch im Zenith und öſtlich Lichterſcheinungen wahrgenommen. Die größte Anzahl der Entladungen trat im Weſten zwiſchen einer 40 Klafter hoch ſtehenden Haufen- und einer darüber befindlichen Schichtenwolke auf; die meiſten Blitze fuhren von unten nach oben, beſaßen unregelmäßige Zickzackform, waren

schraubenförmig oder verzweigt, hatten Wendepunkte und bewegten sich auffallend langsam. Auch wurden Flächenblitze wahrgenommen. Diese sämmtlichen Entladungen verliefen aber ohne Donner; nur ein einziges Mal, oder wie einige andere Beobachter wollen, dreimal wurde schwacher Donner vernommen. Gegen 10 Uhr Abends brach ein Sturm aus Nordwest los, der die ganze Nacht hindurch andauerte. In Klosterneuburg (nordwestlich von Wien) herrschte am selben Abende ein heftiges, von Regen und Hagel begleitetes Gewitter.

Auch H. J. Klein bringt einige interessante Beobachtungen donnerloser Blitze bei. In Havanna hat Poey diese Erscheinung aufmerksam verfolgt und ist hierbei zu dem Resultate gekommen, daß Blitze ohne Donner meist in Höhen von 15 bis 25 Klafter über dem Horizonte im Cumulostratus vor sich gehen. Beobachtungen über die Häufigkeit derselben, zwischen dem 15. Juli 1850 und 11. Juli 1851, ergaben:

Januar	an	2	Tagen	Juli	an	13	Tagen
Februar	»	1	»	August	»	22	»
März	»	—	»	September	»	26	»
April	»	1	»	October	»	9	»
Mai	»	6	»	November	»	—	»
Juni	»	13	»	December	»	1	»

Eine sehr merkwürdige, hierher gehörige Beobachtung hat R. Stockmann mitgetheilt. Am 14. Juni 1854 erblickte man zu Pirna im Zenith Wolken vorüberziehen, die von $8^1/_2$ bis 12 Uhr Abends Secunden lang zuckend ausstrahlende Blitze entsandten.

Am 6. Juli 1861, um 9 Uhr Abends, zog am westlichen Horizont von Düsseldorf ein Gewitter herauf, wobei sich der Himmel, etwa 40 Klafter hoch, mit einer ziemlich gleichmäßigen Wolkenschichte bedeckte, in welcher sich an verschiedenen Stellen von Zeit zu Zeit ein plötzliches Aufleuchten ohne Donner zeigte, Schneider beobachtete an einer weniger dichten Stelle jener Wolkenschicht einen deutlichen Zickzackblitz, und zwar jenseits derselben, dem auch nicht der geringste Donner folgte. Mit gespannter Aufmerksamkeit beobachtete er nun bis gegen 10 Uhr unter dem vielmals wiederholten Aufleuchten noch einige, bald mehr, bald weniger deutliche Zickzackblitze oberhalb der Wolkenschicht, wobei sich während der ganzen Zeit nur zweimal ein dem Blitze ziemlich rasch folgendes, aber sehr entfernt klingendes schwaches Donnergrollen wahrnehmen ließ.

H. J. Klein kam auch selbst einmal in die Lage, einen Blitz ohne Donner, nahe dem Zenith, bei vollkommen reinem Himmel zu beobachten. Es geschah dies, erzählt Klein, am 25. September 1861 um 8 Uhr 50 Minuten

mittlerer Kölnerzeit, als ich mich eben anschickte, behufs photometrischer Messungen, einige Fixsterne an dem dunkelnden Himmel aufzusuchen. Der Blitz fuhr in vollkommen deutlichem Zickzack von Ost nach West, und trotz der gespanntesten Aufmerksamkeit vernahm ich keinen Donner; auch war die Erscheinung keineswegs mit derjenigen einer dahinschießenden Sternschnuppe zu verwechseln. Der ganze Himmel war, wie bemerkt, absolut wolkenfrei und klar.

Budde hat im August 1868 zu Rheydt rothviolette Blitze in Zickzackform ohne Donner beobachtet.

Th. Hoh beobachtete in der Nacht vom 25. zum 26. Juli 1869, als er an das offene Fenster trat, aus dichten, von Westen nach Osten am nördlichen Himmel hinziehenden Wolken herausfahrende Blitze, welche, obwohl ohne deutliche Zickzack- oder Schlangenform, keineswegs als bloßes Wetterleuchten gelten konnten. Auch das leiseste Geräusch wäre in der stillen Nacht zu vernehmen gewesen; es war aber keiner der sechs zwischen $12^1/_4$ und $12^3/_4$ Uhr gesehenen Blitze vom geringsten Donner begleitet; auch nicht der stärkste, der um 12 Uhr 30 Minuten aufleuchtete und des Beobachters über 6 Meter tiefes Zimmer bis in den Hintergrund erhellte.

Reimann erzählt in seinen bereits weiter oben (S. 338) erwähnten Berichten über Gewittererscheinungen im schlesischen Gebirge ebenfalls von Blitzen ohne Donner. Am 23. August 1886 gegen $7^1/_2$ Uhr Abends, heißt es daselbst, habe ich vom Balkon meiner ruhig gelegenen Wohnung aus in einer Höhe von 20 bis 30 Klafter wiederholt längere und kürzere Zickzackblitze gesehen, welche von Wolke zu Wolke sprangen und denen auch nicht der leiseste Donner folgte. Auch anderen Personen ist dieses »Gewitter ohne Donner« aufgefallen.

3. Kugelblitze.

Man versteht unter Kugelblitzen elektrisch feurige Massen, welche in der Regel ihrer Form nach jener der Kugel mehr oder weniger nahekommen, welche sich im Gegensatze zu den vorbesprochenen Blitzarten verhältnißmäßig langsam bewegen, so zwar, daß man ihrer Bewegung mit dem Auge vollständig folgen kann, und welche zuweilen geräuschlos, ohne irgendeinen Schaden anzurichten oder auch nur eine Spur zu hinterlassen, verschwinden, häufig aber unter heftigen Donnerschlägen explodiren und ganz dieselben Zerstörungen anrichten wie gewöhnliche Blitze. Zur Zeit Arago's und auch später wurde die Existenz solcher Kugelblitze überhaupt noch vielfach in Zweifel gezogen und führte man Erzählungen solcher Erscheinungen entweder auf die aufgeregte Phantasie der Erzähler zurück oder glaubte hierbei ausschließlich

nur an Meteorfälle denken zu sollen. In der That müssen auch Berichte über eine solche, denn doch ziemlich seltene Naturerscheinung, stets mit Vorsicht aufgenommen werden, da sonst allerdings Irrthümer unterlaufen können. Es werden diesbezüglich namentlich die älteren Berichte über Feuerkugeln nicht ohneweiters auf Kugelblitze bezogen werden dürfen. Anderseits hat aber Arago eine Anzahl von Beispielen gesammelt und sind von anderen Beobachtungen mitgetheilt worden, von welchen man mit voller Sicherheit annehmen darf, daß sie sich auf Kugelblitze beziehen.

Beobachtungen von Kugelblitzen wurden in größerer oder geringerer Anzahl gesammelt von Reimarus, Yelin, Arago, C. Kuhn, H. J. Klein, F. Sestier, Planté, Boguslawski u. A. Ein näheres Eingehen auf alle diese mitunter sehr interessanten Berichte an dieser Stelle ist natürlich nicht möglich und es mögen daher nachstehend nur einige wenige Beispiele hieraus mitgetheilt werden, woran sich die Beobachtungen aus jüngster Zeit schließen sollen.

Wie Arago berichtet, erzählt Maffei in einem Briefe an Vallisnieri vom 10. September 1713, daß, als er während eines mit Regen wie bei der Sündflut verbundenen Gewitters im Schlosse Fosdinovo, in dem Gebiete von Massa-Carrara, Schutz suchte, und bald darauf von der Besitzerin des Schlosses in einem zu ebener Erde gelegenen Saale aufgenommen wurde — daß er dort sowohl selbst, als auch der Marchese von Malaspina plötzlich auf den Steinplatten des Fußbodens ein sehr lebhaftes Feuer von theils weißem, theils himmelblauem Lichte entstehen sahen; daß dieses Feuer zwar sehr heftig bewegt schien, aber ohne dabei vorwärts zu schreiten, und daß es ebenso wie es gekommen, nämlich ganz plötzlich, wieder verschwand, jedoch erst, nachdem es an Umfang sehr merklich zugenommen hatte.

In diesem Augenblicke empfand Maffei hinter seiner Schulter, von unten herauf, ein eigenthümliches Kitzeln; Gypsstücke, welche sich von der gewölbten Decke des Saales ablösten, fielen ihm auf den Kopf; und endlich hörte er ein Krachen und Tosen, das jedoch verschieden war von dem gewöhnlichen Rollen des Donners.

Sollte man etwa Anstand nehmen, das leuchtende Meteor und die Explosion von Fosdinovo unter die Erscheinungen des Blitzes zu rechnen, so höre man, wie Maffei in einem Briefe an Apostolo Zeno anführt, daß am 26. Juli 1731 dem Blitzschlage, welcher sich zu Casalaone durch ein mit einer Kanonade vergleichbares Geräusch kundgab, welcher den Hauptthurm traf, von diesem das Schild mit dem Stadtwappen abriß, welcher ebenfalls eine Anzahl steinerner Gesimse herunterschlug u. s. w. — daß diesem Blitzschlage auf dem Markte, in geringer Entfernung vom Boden, die Erscheinung eines großen

Feuers vorausging. Diese Thatsache hatte keinen bekannten, wissenschaftlich gebildeten Mann zum Zeugen; sie stützt sich nur auf das Zeugniß der Bewohner des Marktes von Casalaone. Maffei vergißt daher nicht zu erwähnen, daß der Abt Girolamo Lioni da Ceneda in der Nähe von Venedig, zwei Ellen hoch über der Erde, selbst eine Flamme mit großer Lebhaftigkeit aufsteigen und verschwinden gesehen und unmittelbar darauf entsetzliches Krachen gehört zu haben behauptet.

Als ich am 2. Juli 1750 mich während eines Gewitters, Nachmittags um 3 Uhr, in der Kirche zu St. Michael zu Dijon befand, sah ich plötzlich, so erzählt der Abbé Richard (der Verfasser der Histoire naturelle de l'air et des météores), zwischen den beiden ersten Pfeilern des großen Schiffes eine Flamme von stark feurigrother Farbe erscheinen, die in einer Entfernung von 3 Fuß über dem Fußboden der Kirche in der Luft schwebte. Diese Flamme erhob sich dann zur Höhe von 12 bis 15 Fuß und wuchs dabei an Umfang. Darauf setzte sie ihr Aufsteigen in diagonaler Richtung einige Toisen weit bis in die Nähe des Gehäuses der Orgel fort und endigte dann, sich ausdehnend, mit einem Knalle, ähnlich dem einer in der Kirche selbst abgefeuerten Kanone.

Am 16. Januar 1770 gegen 9 Uhr Abends fiel, wie Sestier berichtet, zu Schemnitz in Ungarn inmitten eines von heftigen Blitzen begleiteten Sturmes ein Blitz in Gestalt einer Kugel von der Größe eines Fußes. Während diese bedeutende Feuermasse die Luft durchflog, hörte man ein heftiges Brausen, welchem eine Detonation folgte, gleich jener des allerheftigsten Donners. Der Thurm der Hauptkirche wurde durch den Fall des Meteors zertrümmert, aber der Blitz hatte an keiner Stelle gezündet. Der Gewittersturm selbst dauerte bis Mitternacht fort und wurde durch viel Schnee und Eis beendet.

Im Juli 1744 gelangte eine gefahrdrohende Wolke gegen Mittag über Knifwingsgute und kamen die Blitze immer näher. Eine Bäuerin war eben damit beschäftigt, auf dem Feuer in ihrer Küche einige Gerichte zu kochen, als der Blitz einschlug; sie sah eine Feuerkugel von der Größe einer Faust durch den Kamin herabkommen, zwischen ihren Füßen durchgehen, ohne sie zu verwunden und ihren Weg ohne zu zünden fortsetzen, ja selbst ohne irgendwie das Spinnrad und andere Gegenstände, auf welche sie auf ihrem Wege traf, zu beschädigen. Erschreckt stürzte die Bäuerin zur Thür, aber im selben Moment, als sie dieselbe öffnete, kam die Feuerkugel auf dem Boden hüpfend nach, ging nahe an ihren Füßen vorbei, drang in einen zweiten Raum, welcher sich ihr außerhalb der Küche darbot, durchschritt diesen, brach die Thüre und gelangte in den Hof; auch dieser wurde durchlaufen, worauf dann die Feuerkugel durch das Thor in eine Scheune eindrang, an der gegenüber-

liegenden Mauer emporstieg, auf die Außenseite gelangte und unterhalb des Randes des Strohdaches explodirte. Es erfolgte dies mit einem so fürchterlichen Getöse, daß die Bäuerin in Ohnmacht fiel. Die Scheune fing Feuer und wurde in Asche verwandelt.

Der Glockenthurm der Kathedrale von Siena war kurz vor dem Blitzschlage, über welchen Sestier, wie folgt, berichtet, mit einem Blitzableiter versehen worden. Die Ableitung wurde unter die Uhr geführt, gelangte dann durch ein kleines Fenster nach außen, lief daselbst in einer Fuge an der Außenseite des Thurmes herab und gelangte in einer kleinen Straße, unterhalb welcher sich ein Wasserlauf befindet, in die Erde. Also am 18. April 1777 gegen 6 Uhr Abends sah man während eines heftigen Gewitters plötzlich aus dem Eisenwerke, welches die große Glocke trug, Funken sprühen. Die Glocke befand sich ganz oben im Thurme unmittelbar unterhalb der Auffangstange des Blitzableiters. Aus dem kleinen Fensterchen unterhalb der Uhr trat dann eine Feuerkugel von rother Farbe heraus, welche der an der Mauer befestigten Ableitung folgte und sich dann in die Erde verlor. Aber bevor die Feuerkugel in jene Fuge eintrat, in welcher die Leitung eingebettet war, warf sie große Funken aus, welche auf das Straßenpflaster fielen und mit jenen Funken verglichen wurden, die ein gewöhnlicher, kräftiger Feuerbrand ausspräht, wenn er gegen eine Mauer geschleudert wird. In der oben erwähnten engen Gasse verbreitete sich ein Qualm, der lebhaft nach brennendem Schwefel roch. Die Blitzableiterstange wurde nicht beschädigt, und der Thurm zeigte weder außen noch innen irgendeine Zerstörung. Person wurde keine verletzt, nur ein Mann fiel zu Boden, kam aber bald wieder zu sich.

Folgende Erscheinung wurde vom Abbé Spallanzani in einem Briefe an P. Barletti erzählt und trug sich bei Ginepreto, unweit von Pavia, am 29. August 1791 während eines von Blitzen und Donner begleiteten Unwetters zu. Etwa 150 Schritte von einer Meierei entfernt weidete auf einer Wiese eine Schar Gänse. Ein junges Mädchen von 12 Jahren und ein anderes noch jüngeres eilten aus dem Meierhofe heraus, um die Gänse zurückzutreiben. Auf derselben Wiese befand sich ein Knabe von 9 bis 10 Jahren und ein Mann, welcher die Fünfzig überschritten hatte. Plötzlich erschien auf der Wiese, 3 bis 4 Fuß von dem jungen Mädchen entfernt, ein Feuerballen, von der Größe zweier Fäuste, welcher, auf der Erde gleitend, mit großer Geschwindigkeit gegen die nackten Füße desselben lief, sich unter seine Kleider schob, ungefähr in der Mitte seines Leibchens austrat und dann mit Geräusch in die Luft aufstieg; auf dem ganzen Wege über war die Kugelform ungeändert geblieben. In dem Augenblicke, als die Feuerkugel unter das Unterröckchen des kleinen Mädchens drang, breitete sich ersteres wie ein aufgespannter Regen-

schirm aus. Diese Angaben rühren nicht von der Kleinen her, welche augenblicklich zusammenstürzte, sondern von dem oben erwähnten Knaben und dem Manne. Beide, einzeln befragt, erzählten das Ereigniß in derselben Weise. Ich habe sie wiederholt befragt, sagt Spallanzani, ob sie nicht eine Flamme oder ein lebhaftes Licht herabsteigen gesehen haben oder aus den Wolken fallen und sich auf das Kind niederschlagen, aber sie antworteten beharrlich mit Nein, sie hätten die Feuerkugel nur von unten nach oben, keineswegs aber von oben nach unten fliegen gesehen. Auf dem Körper des jungen Mädchens, welches dann bald wieder das Bewußtsein erlangte, fand man eine oberflächliche Erosion, welche sich vom rechten Knie bis in die Mitte der Brust hinauf erstreckte; das Hemd war an den entsprechenden Stellen zerrissen und zeigte Verbrennungsspuren. Man sah auf jenem Theile der Bekleidung, welcher die Brust bedeckte, ein Loch von zwei Linien Durchmesser, welches die Kleidung Stück für Stück durchsetzte. Der Arzt, Dagna, welcher das Kind wenige Stunden nach dem Unfalle untersuchte, fand außer der bereits erwähnten Erosion verschiedene oberflächliche Striemen von gewundener Form und geschwärzt als kleine Abzweigungen von dem Hauptwege, welchen der Blitz genommen hatte. Die Wiese selbst bot an der Stelle des Unfalles gar nichts Bemerkenswertes dar und ließ nicht die geringste Spur von dem Erscheinen des Blitzes erkennen.

Einen zweiten Fall, in welchem ein aufsteigender Kugelblitz beobachtet wurde, erzählte der Artillerieofficier Hogard. Dieser stand am 26. August 1821 während eines Gewitters zu Epinal an einem Fenster, als er eine Feuerkugel von ungefähr 4 Zoll Durchmesser erblickte, welche sich unter einem Winkel von 50 bis 60 Graden gegen die Wolken erhob mit einem Zischen, ähnlich jenem aufsteigender Raketen. Im selben Momente erhielt er einen so heftigen elektrischen Schlag, daß er die Nachwirkungen noch mehrere Tage darnach verspürte. Die Explosion, welche auf die Wahrnehmung dieser Erscheinung folgte, glich dem Abfeuern eines Mörsers.

Von Steinmein kam Arago folgender Bericht über das Einschlagen eines kugelförmigen Blitzes zu. Es war, dünkt mich, im Jahre 1826, als in das Haus eines meiner Freunde und Collegen in Altona, wo ich damals als Arzt praktizirte, ein Blitz einschlug. Das Haus liegt ungefähr 100 bis 130 Fuß höher als der Wasserspiegel der Elbe. Mein Freund, der Dr. van der Smissen, ging in seinem Saale auf und ab, als der Donnerschlag sich hören ließ. In diesem Augenblicke ward auf dem Fußboden des Zimmers eine feurige Masse sichtbar, welche in Gestalt eines eirunden Ballens von der Größe eines Hühnereies, nahe an der Mauer längs der Vertäfelung hinlief, die, wie es in unserer Stadt gewöhnlich geschieht, mit Firniß überzogen war.

Mit der Schnelligkeit einer Maus lief der Feuerball auf die Thür zu, sprang dort unter neuem Krachen auf das Geländer der Treppe, die in das Erdgeschoß führte, und verschwand, wie er gekommen war, ohne eine Spur von Zerstörung zu hinterlassen.

Folgendes ist die Beschreibung eines kugelförmigen Blitzes, welche von Hapouèle, einem wohlunterrichteten Besitzer im Mosel-Departement, eingesandt wurde. An einem heißen Sommertage des Jahres 1837 befand ich mich gegen 2 Uhr vor der Thür meines Pferdestalles, die durch ein Wetterdach geschützt ist, und hatte mir gegenüber ein Wohnhaus, dessen Thür offen stand. Zwischen diesem Gebäude und meinem Standpunkte lag eine große Düngergrube.

Plötzlich bei einem fürchterlichen Ausbruche des Donners sah ich eine leuchtende Kugel von der Größe einer schönen Orange in etwas schiefer Richtung in 40 Fuß Entfernung von mir herabfahren. Ich glaubte, sie würde in den Dünger eindringen; doch als sie bis auf 3 Fuß Entfernung herangekommen war, nahm sie eine vollkommen horizontale Richtung, parallel mit dem Erdboden an und bewegte sich nach der Thür hin, welche meine Frau einen Augenblick zuvor geschlossen hatte. Sobald die elektrische Kugel sich bis auf 50 Fuß dem Hause genähert hatte, nahm sie denselben schiefen Lauf wie beim Niederfahren an und stieg aufwärts gegen die Wolken, wobei sie in anderthalb Fuß Entfernung neben der nächsten Karnieße des Hauses vorbeiging; in 160 Fuß Höhe verlor ich sie aus dem Gesichte.

Der kaiserlich österreichische Marinemaler Butti sandte Arago aus Triest nachstehenden Bericht. Im Jahre 1841, und zwar, wenn mein Gedächtniß mich nicht täuscht, im Monate Juni wohnte ich in Mailand im Gasthause zum Lamm in einem Zimmer des zweiten Stockwerkes mit der Aussicht nach der Corsia dei Servi. Es war Nachmittags gegen 6 Uhr; der Regen fiel in Strömen herab und die dunkelsten Zimmer wurden von Blitzen heller erleuchtet als bei uns durch Gasflammen. Der Donner ertönte von Zeit zu Zeit mit entsetzlichem Krachen. Die Fenster der Häuser waren geschlossen, die Straße verödet, weil der Regen den Weg in einen Gießbach verwandelt hatte. Ruhig dasitzend, rauchte ich meine Cigarre und betrachtete von fern durch das geöffnete Fenster den Regen, der bisweilen durch die Sonne erleuchtet in goldigen Fäden erglänzte, als ich plötzlich auf der Straße mehrere Kinder und Erwachsene die Worte rufen hörte: Guarda, guarda! und gleichzeitig ein Geräusch wie von einigen mit Nägeln beschlagenen Schuhen vernahm. Seit einer halben Stunde hatte ich keinen Lärm auf der Straße gehört, und so erregte das erwähnte Geräusch meine Aufmerksamkeit; ich eilte ans Fenster und wandte das Gesicht nach der rechten Seite, woher das Geräusch kam; der erste Gegenstand, den ich erblickte, war eine feurige Kugel,

welche sich mitten in der Straße in der Höhe meines Fensters, nicht in horizontaler, sondern in etwas schiefer Richtung vorwärts bewegte. .

Acht bis zehn Leute aus dem Volke riefen, noch immer ihre Augen nach dem Meteor gewandt: Guarda, guarda! und begleiteten die Erscheinung, indem sie ihr der Straße entlang folgten, etwa im Geschwindmarsch der Soldaten. Das Meteor zog ruhig vor meinem Fenster vorbei und nöthigte mich, den Kopf nach links hin zu drehen, um zu beobachten, wie diese sonderbare Erscheinung endigen würde. Weil ich indes fürchtete, dasselbe hinter den Häusern, welche aus der geraden Front des von mir bewohnten Hauses heraustraten, aus dem Gesichte zu verlieren, eilte ich rasch auf die Straße und kam zeitig genug, um es noch zu sehen und mich den Neugierigen, welche ihm folgten, anzuschließen. Das Meteor bewegte sich noch so langsam; es hatte sich aber, weil es, wie schon gesagt, in schiefer Richtung ging, erhoben, so daß es nach weiteren drei Minuten steigender Bewegung das Kreuz des Thurmes auf der Kirche dei Servi erreichte und dort verschwand. Sein Verschwinden war von einem dumpfen Krachen begleitet, ähnlich der Entladung eines Sechsunddreißigpfünders, wenn diese in einer Entfernung von drei Meilen bei günstigem Winde gehört wird. Soll ich eine Vorstellung von der Größe und Farbe dieser feurigen Kugel geben, so kann ich sie nur mit dem Monde vergleichen, wie man ihn in einer heiteren Winternacht aufgehen sieht, wie ich mich z. B. erinnere, ihn zu Innsbruck in Tirol gesehen zu haben, nämlich von einem röthlichen Gelb, mit einigen mehr ins Rothe spielenden Flecken. Doch fand darin ein Unterschied statt, daß man in dem Meteore keine bestimmten Umrisse wie beim Monde wahrnahm; es schien vielmehr in eine Lichtatmosphäre, deren Glanz man nicht bestimmt angeben konnte, eingehüllt zu sein.

W. Láska führt in seinem Berichte über die Gewitter in Prag von 1840 bis 1885 zwei Beobachtungen von Kugelblitzen an. Als ich am 25. September 1841 um 8 Uhr 45 Minuten zufällig nach Westen blickte, schreibt der Beobachter, bemerkte ich am Horizont den Widerschein häufiger Blitze von orangegelber Farbe; die Blitze wurden bis 9 Uhr häufiger und heller und bei vielen zeigte sich ein verwaschener Feuerball, aus dem sich der Schein verbreitete. Um 9 Uhr wurden die Blitze seltener, stiegen aber höher über den Horizont. Dagegen zeigten sich im Westen gegen Norden sehr matte und häufig auf einander folgende bläuliche Blitze, zwischen welchen nur selten ein orangeheller Blitz von der Form eines verwaschenen Feuerballes auffuhr.

Am 31. December 1842 um 7 Uhr 45 Minuten erfolgte ein Blitz in Südsüdosten etwa 15 Grade über dem Horizonte. Er glich einem senkrecht

aufsteigenden Feuerballe von der scheinbaren Größe des Mondes und schimmerte durch verwaschenen, dichten Cirrus durch, in welchem sich sein Schein verbreitete.

Babinet sandte der Pariser Akademie der Wissenschaften im Juli 1852 folgenden Bericht. Der Gegenstand dieser Mittheilung bildet einen der Fälle von kugelförmigen Blitzen, mit deren Nachweise mich die Akademie vor einigen Jahren (im Jahre 1843) beauftragte; dieser Blitz schlug nicht beim Kommen, sondern sozusagen bei seinem Rückzuge in ein Haus der Straße Saint-Jacques, in der Nachbarschaft des Vale-de-Grace (einst Benedictinerabtei zu Paris, jetzt Spital). Folgendes ist mit wenig Worten die Beschreibung des Handwerkers, in dessen Zimmer der kugelförmige Blitz hinabfuhr, um dann wieder aufwärts zu steigen. Nach einem sehr starken Donnerschlage, jedoch nicht unmittelbar darauf, sah dieser Handwerker, von Profession ein Schneider, während er nach Beendigung seiner Mahlzeit seitwärts am Tische saß, plötzlich den mit Papier beklebten Rahmen, welcher den Kamin verschloß, fallen, als wäre er durch einen mäßigen Windstoß umgeworfen, und eine feurige Kugel von der Größe eines Kinderkopfes aus dem Kamin ganz langsam hervorkommen und langsam in geringer Höhe über den Ziegelsteinen des Fußbodens durch das Zimmer hinwandeln. Nach der Aussage des Handwerkers war das Aussehen der feurigen Kugel wie das einer jungen Katze von mittlerer Größe, welche sich zusammengekugelt hat und sich fortbewegt, jedoch ohne sich auf ihre Pfoten zu stützen. Die feurige Kugel erschien mehr glänzend und leuchtend als heiß und entzündet; auch hatte der Handwerker keine Empfindung von Wärme. Diese Kugel näherte sich seinen Füßen wie eine junge Katze, welche spielen und sich nach Gewohnheit dieser Thiere an den Füßen reiben will; der Schneider jedoch zog die Füße zurück und durch mehrere vorsichtige, aber wie er sagte, stets langsame, sanfte Bewegungen vermied er die Berührung mit dem Meteore. Dieses schien mehrere Minuten neben den Füßen des sitzenden Schneiders, der es aufmerksam etwas nach vorn übergeneigt betrachtete, zu verweilen. Nachdem die feurige Kugel einige Bewegungen in verschiedenen Richtungen ausgeführt hatte, ohne jedoch die Mitte des Zimmers zu verlassen, erhob sie sich vertical bis zur Kopfhöhe des Schneiders, welcher, um eine Berührung seines Gesichtes zu vermeiden und gleichzeitig um das Meteor nicht aus den Augen zu verlieren, sich wieder aufrichtete und auf seinem Stuhle zurückbog. Als die feurige Kugel sich ungefähr drei Fuß vom Boden erhoben hatte, verlängerte sie sich etwas und richtete sich schief gegen ein Loch, das nahe drei Fuß über dem oberen Gesimse des Kamines angebracht war.

Dieses Loch diente zur Aufnahme des Rohres eines Ofens, den der Schneider während des Winters gebrauchte. Aber der Blitz konnte, wie sich

jener ausdrückte, das Loch nicht sehen, weil es mit darüber geklebtem Papiere verschlossen war. Die feurige Kugel ging jedoch gerade auf dieses Loch los, schälte das Papier, ohne es zu verletzen, ab und stieg in dem Kamine empor. Nachdem dieselbe dann, wie unser Zeuge sagt, sich Zeit genommen, längs des Kamines mit dem Gange, mit dem sie kam, d. h. ziemlich langsam, aufzusteigen und am Ausgange des Schornsteines, welcher wenigstens 20 Meter über dem Boden des Hofes lag, angelangt war, brachte sie eine entsetzliche Explosion hervor, welche einen Theil vom Ende des Schornsteines zerstörte und die Trümmer in den Hof warf; die Bedachungen mehrerer kleiner Gebäude wurden eingeschlagen, sonst geschah aber kein Unfall. Die Wohnung des Schneiders war im dritten Stocke, aber nicht in der halben Höhe des Hauses. Dem unteren Stockwerke stattete der Blitz keinen Besuch ab, und alle Bewegungen der leuchtenden Kugel geschahen langsam und nicht ruckweise. Ihr Glanz war keineswegs blendend und sie verbreitete keine merkliche Wärme. Die Kugel schien keine Neigung zu haben, leitenden Körpern zu folgen und Luftströmungen auszuweichen.

Hankel, der Herausgeber der deutschen Uebersetzung der Werke Arago's, glaubt hierzu bemerken zu sollen, daß nach seiner Meinung die feurigen Kugeln mit langsamer Bewegung, wie eine solche eben von Babinet erwähnt wird, wie sie Hapouèle von der Düngergrube erst horizontal und dann in schiefer Richtung aufwärts sich bewegen sah u. s. w., in Wirklichkeit nicht existiren, daß sie vielmehr nichts weiter seien als subjective Lichterscheinungen, als Blendungsbilder, welche der vorhergehende Blitz im Auge zurückgelassen hat. Nach dem gegenwärtig vorliegenden, ziemlich reichhaltigen Materiale dürfte jedoch diese Ansicht Hankel's kaum mehr zu halten sein.

Madame Espert richtete im Juli 1852 nachstehenden Brief an Arago. Ein kürzlich von Herrn Meunier über die Wirkungen eines kugelförmigen Blitzes geschriebenes Feuilleton der »Presse« veranlaßt mich, Ihnen den Bericht über eine meteorologische Erscheinung dieser Art, wovon ich Augenzeuge war, zu senden.

Ich wohne Cité Odiot Nr. 1 im zweiten Stocke und habe die Aussicht auf die Beaujon'schen Gärten. Es war im Juni des Jahres 1849, ich glaube am 16., einem Freitage gegen 6½ Uhr Abends, an demselben Tage, an welchem die Cholera in Paris am heftigsten wüthete. Die Luft war zum Ersticken, der Himmel erschien in diesem Augenblicke ruhig; jedoch sah man auf allen Seiten Wetterleuchten.

Mein Fenster ist sehr niedrig; beim Vorbeigehen vor demselben erblickte ich mit Erstaunen etwas, was aussah wie ein großer, rother Ballon und

völlig dem durch Dünste gefärbten und vergrößerten Monde glich. Dieser Ballon ließ sich langsam in senkrechter Richtung vom Himmel auf einem Baume in den Beaujon'schen Gärten nieder. Mein erster Gedanke war, daß diese Erscheinung von einer Grimm'schen Luftfahrt herrühre; aber Farbe des Ballons und Stunde machten mich auf meinen Irrthum aufmerksam. Während ich zu enträthseln suchte, was es wohl sein möchte, sah ich das Feuer den unteren Theil dieser Kugel, welche in 16 bis 22 Fuß Höhe über dem Baume schwebte, ergreifen. Man konnte es mit Papier vergleichen, das langsam mit kleinen Funken und Flämmchen brennt. Als dann die Oeffnung zwei oder drei Hände groß war, zersprengte plötzlich eine erschreckliche Detonation die ganze Hülle und sandte aus dieser Höllenmaschine ein Dutzend zickzackförmiger Blitzstrahlen, die nach allen Seiten hin fuhren und von denen einer ein Haus der Cité Nr. 4 traf, in das er ein Loch wie eine Kanonenkugel machte. Dieses Loch ist noch vorhanden. Schließlich begann ein Rest der elektrischen Materie mit weißer, lebhafter und glänzender Flamme zu brennen und sich wie eine Sonne beim Feuerwerk zu drehen. Die Erscheinung dauerte länger als eine Minute. Sie gewährte einen so schönen Anblick, daß kein Gedanke an Gefahr oder Furcht in mir aufstieg; ich konnte nur rufen: Ach ist das schön, ist das schön!

Indessen war die Detonation so heftig gewesen, daß sie drei Menschen auf der Straße umwarf und, wie Sie mir glauben können, eine große Aufregung in der Cité und dem Stadtviertel hervorbrachte. Meine Köchin war durch einen vor dem Fenster vorbeifahrenden Blitzstrahl fast erstickt. Die Frau des Hausmannes ließ eine Schüssel, welche sie in der Hand hielt, fallen und konnte nicht angeben, ob aus Furcht oder durch die Erschütterung eines anderen Blitzstrahles, welcher die große Straßentreppe, auf deren Absatz sie sich befand, hinabfuhr. Noch ein anderer Blitzstrahl fuhr in die Pensionsanstalt der Madame Loiseau, rue neuve de Berry, und verletzte dort eine der Erzieherinnen. Die Bewohner des Hauses Nr. 4 liefen eiligst ganz erschrocken in den Hof, jedoch war niemand unter ihnen verletzt worden. Paris hallte wider von dem schrecklichen Krachen dieses fürchterlichen Donnerschlages, aber vielleicht bin ich die einzige Person, welche zufällig den Hergang der Erscheinung gesehen hat; und ich möchte es um vieles nicht missen, Zeuge eines so wunderbaren und außerordentlichen Schauspiels gewesen zu sein.

Der Stationschef von Beuzeville (26 Kilometer von Havre) berichtete über einen Kugelblitz vom 17. Mai 1852, wie folgt. Er erhielt gegen 5 Uhr Nachmittags das telegraphische Aviso, seine Telegraphenapparate an die Erde zu legen, weil ein Gewitter im Anzuge sei. Gleich darauf erhob sich ein

heftiger Wind und schwere Wolken häuften sich an, aber es fiel kein Regen. Der Stationschef glaubte daher, das Gewitter werde vorüberziehen und anderweitig niedergehen. Die Ladungsarbeiten bei einem Waggon wurden fortgesetzt. Im selben Momente erfolgten rasch auf einander drei heftige Donnerschläge und beim dritten schlug der Blitz in eine etwa 1 Kilometer weit entfernte Meierei. Bäume bezeichneten die Stelle, wo die blendende und kräftige Entladung die Erde erreicht hatte. Im selben Momente sah man hinter den Bäumen eine Feuerkugel in der Größe einer Haubitzenkugel herabsteigen, eine langgezogene Bahn beschreiben und lebhaftes Licht hinter sich lassend, weiterschreiten. Sie schien in einer Curve mit mäßiger Geschwindigkeit die Station zu passiren. Die Bewegung dieser Kugel und das lebhafte Licht, welches sie hinter sich ließ, erinnerten an den Anblick einer in dunkler Nacht aufsteigenden Rakete. Dann setzte sich die Feuerkugel, etwa 100 Meter von der Station entfernt, wie ein Vogel auf den Telegraphendraht und verschwand sammt der ganzen Lichterscheinung momentan. Auf dem Drahte war keinerlei Spur hinterlassen, aber die Stationsapparate wurden in Bewegung gesetzt, die Nadeln drehten sich rapid mit einem zischenden Geräusche wie Bratenwender und gaben Funken. Ein großer Theil der Schrauben der Apparate war gelockert; in dem Kupferrahmen nahe dem Hütchen der Nadel fand sich ein Loch in der Größe eines Getreidekornes; die Nadel und überhaupt der Apparat im Hause war intact geblieben.

A. Meunier, Bureauchef im Ministerium des Innern, berichtete über einen Doppelfall von Kugelblitzen in einem Briefe, welchen er an den Physiker Jamin gerichtet hat.

Im Monate Juni 1852, schrieb Meunier, ging ich zwischen 11 Uhr und 11 Uhr 30 Minuten die Straße Montholon entlang, als ein Blitzschlag mit einer in Paris selten beobachteten Heftigkeit erfolgte. Ich schenkte demselben anfangs wenig Aufmerksamkeit und setzte meinen Weg fort; aber gegen die Mitte der Straße gekommen, leuchtete plötzlich ein furchtbar blendender Blitz auf, der unmittelbar von einem Donnerschlage, ähnlich einer Artilleriedecharge, gefolgt war. Ich gewahrte eine enorme, mit Heftigkeit geschleuderte Bombe, die mit Gepraſſel auf die Mitte der Straße fiel. In diesem Momente machte mir die fortschreitende Kugel den Eindruck der untergehenden Sonne, sowohl in Farbe, als auch in Größe. Dieser Schlag verzögerte jedoch meinen Weg nicht, da ich dachte: Wenn man den Blitz gesehen hat, hat man nichts mehr zu fürchten. Ich begnügte mich damit, meinen Hut in die richtige Stellung zu bringen, da ihn der Wind oder die Erschütterung durch den Blitz zurückgerückt hatte, und setzte meinen Weg ohne Hinderniß bis auf den place-Cadet fort. Im Momente, als ich meinen Fuß auf das Trottoir setzte, sah ich eine

zweite Feuerkugel sich etwas schief vorwärts bewegen; sie war ähnlich der ersten, hatte aber an ihrer oberen Partie eine Art rother Flamme, welche man etwa mit dem Zunder einer Bombe vergleichen könnte. Diese Kugel, welcher (wenigstens für mich) kein Blitz vorhergegangen war, stieg mit einer überraschenden Schnelligkeit herab und fiel mit einem solchen Lärm auf die Straße nieder, wie ich ihn noch nie gehört hatte; ich selbst erhielt einen so heftigen Stoß auf die rechte Seite, daß ich gegen die Mauer geworfen wurde. Dieser Schlag schien mir ohne Zweifel nur deshalb so kräftig, weil ich mich in einer Stellung befand, ihn vollkommen zu hören. Bemerkenswert erschien mir aber die sphärische Form des Blitzes. Meine Erinnerung an diesen Anblick ist vollkommen genau. Was mich betrifft, hatte das Ereigniß keinerlei üble Folgen; nur konnte ich dieses Erlebniß 14 Tage lang nicht aus dem Kopfe bringen. Dieser Blitzschlag beendete das Gewitter und am nächsten Tage berichteten die Zeitungen, daß der Blitz in der Umgebung, ich glaube der rue Lamartine, eingeschlagen habe.

Am 8. Februar 1860 um $1^1/_2$ Uhr Nachmittags schlug, wie H. J. Klein berichtet, der Blitz in das Schulhaus zu Bouin im Departement Loire, als die Schüler eben das Nachmittagsgebet hersagten. Der Blitzschlag machte sich zunächst dadurch bemerklich, daß Kalk, Holz und Steine unter die Kinder fielen, wodurch ein lautes Geschrei entstand. Darauf rollte ein kleiner Feuerball unter die Bänke, an dem Lehrer vorbei, der nur an den Kleidern beschädigt wurde. Sein Sohn dagegen, welcher unter einer Lampe saß und drei oder vier andere Schüler wurden getödtet. Der Feuerball nahm seinen Weg ins Freie durch eine Fensterscheibe, in welche er ein rundes Loch bohrte, ohne sie sonst zu beschädigen, während alle übrigen Scheiben zertrümmert wurden.

Am 14. October 1860 saß, wie derselbe Berichterstatter erzählt, während eines Gewitters eine Familie am Hermesweg bei Frankfurt a. M. am Kaffeetische, als sich über dem Scheitel einer Dame eine hellblaue Flamme zeigte, die plötzlich mit heftigem Knalle zersprang und Funken nach allen Richtungen durch das Zimmer schleuderte, ohne jedoch zu verletzen oder zu betäuben. An der Stubendecke zeigten sich da, wo die Flamme hereingekommen zu sein schien, mehrere kleine Löcher, ähnlich denjenigen, welche Schrotkugeln hervorgebracht haben würden, die aus kurzer Entfernung gegen die Decke abgeschossen worden wären.

Ueber ein interessantes Beispiel eines Kugelblitzes berichtet Müller in seiner kosmischen Physik auf Grund einer Mittheilung Hugueny's aus Straßburg. Am 13. Juli 1869 zog gegen Abend von Südwesten her ein Gewitter ohne Regen heran. Um 7 Uhr 7 Minuten traf unter furchtbarem

Krachen ein Blitz erster Classe einen Pappelbaum der Rheininsel bei der Kehler Schiffbrücke. Gleich darauf bewegte sich von der Gegend dieses Pappelbaumes aus in fast horizontaler Richtung eine elektrische Feuerkugel gegen einen 840 Meter entfernten, in der Nähe des Zollhauses stehenden Kastanienbaum, um an demselben unter Explosion zu verschwinden.

Die Feuerkugel, welche von mehreren zuverlässigen Zeugen beobachtet worden war, welche sie der Größe nach mit einer Kanonenkugel verglichen, legte den 840 Meter langen Weg von der getroffenen Pappel bis zum Kastanienbaum in 3·5 Secunden zurück. Ein Theil des Kugelblitzes, welcher den Kastanienbaum getroffen hatte, drang am Stamme herab in den Boden, zum Theil aber traf er drei Soldaten des französischen Wachtpostens, welche auf einer unter dem Baume befindlichen Bank gesessen hatten. Zwei derselben wurden durch den Schlag sogleich getödtet und der dritte schwer verletzt.

John Formby berichtet in einem Schreiben an den Director der Zeitschrift »La lumière électrique« über zwei Fälle von Kugelblitzen. Am 7. October 1876 gegen 5 oder 6 Uhr Abends befand er sich während eines Gewitters am Bord eines kleinen Dampfers im Hafen von Sydney, als plötzlich eine Feuerkugel von lebhaft gelber Farbe, im Durchmesser von 7 bis 8 Centimeter auf das Verdeck fiel. Sie rollte eine Strecke von 4 bis 5 Meter weit, drang in das Zelt ein und explodirte inmitten vieler Damen. Formby stand mit zwei Freunden in geringer Entfernung und ging sofort hinzu, um zu sehen, ob irgend ein Unglück geschehen sei. Es war aber keine Person verletzt, auch konnte man keine Spur des Weges der Feuerkugel auffinden, weder Löcher noch verbrannte Theile. Das Verdeck zeigte sich naß an jener Stelle, auf welche die Kugel gefallen war, hingegen trocken an der Explosionsstelle. Im Augenblicke der Explosion erfolgte ein starker Donnerschlag.

Der zweite Fall wurde Formby von einem Eleven erzählt, welcher sich am Bord des Schulschiffes Conway in Liverpool befand. Der Eleve versicherte, er habe während eines Gewitters (1872) eine große Feuerkugel in den Schlamm neben dem Schiffe fallen sehen, welche fast augenblicklich explodirte; der Schlamm wurde infolge dieser Explosion nach allen Seiten hin geschleudert.

In Planté's interessantem Werke »Recherches sur l'électricité« sind zwei Gewitter, welche in Paris am 24. Juli und 18. August 1876 stattfanden, beschrieben, die sich gleichfalls durch das Erscheinen von Kugelblitzen auszeichnen.

Planté erzählt: Am 24. Juli zwischen $3^1/_2$ und 4 Uhr Nachmittags fiel strommweiser Regen, gemischt mit großen Hagelkörnern und unter Begleitung von Blitz und Donner, als wir eben den Bastilleplatz überschritten. Der

Wind war verhältnißmäßig schwach, die Wolken verhielten sich bei sturmartigem Aussehen einige Minuten fast unbeweglich. Die Entladungen fanden unaufhörlich statt und die vielen den Blitzen ohne schätzbaren Zwischenraum folgenden Donnerschläge kündigten an, daß der Blitz wiederholt in nächster Nähe eingeschlagen haben müsse. Wir leiteten sofort eine Untersuchung ein und erfuhren hierdurch, daß das Meteor dreimal fast auf denselben Punkt gefallen war, nämlich auf das Theater Beaumarchais und in den Hof und Garten des Hauses Nr. 28 in der rue des Tournelles (bekannt unter dem Namen »Ninon de Lenclos«).

Der Regisseur des Theaters, welcher sich im Kleidermagazine, einem kleinen, im oberen Theile des Gebäudes gelegenen Pavillon befand, hatte eine Feuerbombe in der Größe einer Faust fallen gesehen.

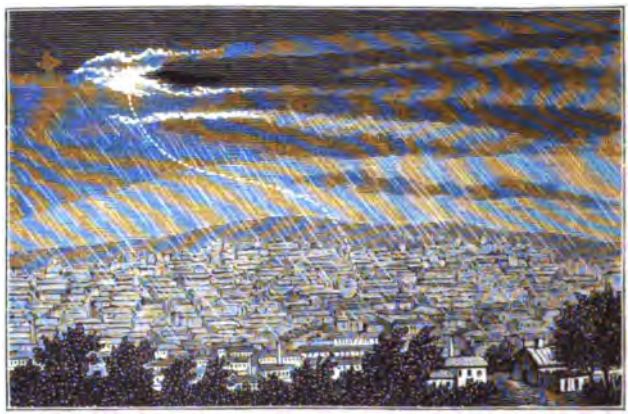
In der rue des Tournelles hatte ein, im vierten Stocke wohnender Arbeiter eine Feuerkugel von der Größe einer Kanonenkugel beobachtet; sie ging am Rande des Daches an einem Blumentopfe vorbei, nichts als eine Stange brechend, und fiel in den Hof. Im selben Augenblicke sah ein anderer im Erdgeschosse befindlicher Arbeiter drei kleine Feuerkugeln über dem Boden dieses Hofes, welcher dann vollkommen überschwemmt wurde.

Der Bronzewarenfabrikant Languereau bemerkte zwei oder drei leuchtende Partikelchen ohne bestimmte Umrisse, welche in seinen Garten fielen und daselbst, wie er sich ausdrückte, ersoffen; der Garten war nämlich durch die ungeheuren Wassermassen, die gleich einer Wasserhose niedergegangen waren, in einen förmlichen Teich verwandelt worden. Die thatsächlichen Zerstörungen waren unbedeutend, obwohl man mit Recht hätte erwarten können, daß diese Wassersäule eine sehr mächtige elektrische Ladung mit sich führen werde. Ein Theil des Zinkdaches des Theaters wurde aufgehoben und auf das benachbarte Haus geschleudert, das Gas an dem Ende eines Bleirohres entzündet und einige Personen, welche Zeugen der Erscheinung waren, fühlten Erschütterungen — dies sind die ganzen Wirkungen, welche in Erfahrung gebracht werden konnten.

Interessanter, infolge der Intensität der elektrischen Entladungen, gestaltete sich noch das Gewitter vom 18. August 1876. Es brach los nach einer langen Periode großer Hitze und Trockenheit und erfolgte unter überreichem Regen. Dieses Gewitter, welches Planté von einem der höchsten Punkte der Umgebung von Paris, nämlich von den Höhen von Meudon aus in allen seinen verschiedenen Phasen aufmerksam verfolgte, gab ihm Gelegenheit, eine sehr seltene Art von Blitzen zu beobachten, welchen bisher in der Meteorologie noch kein bestimmter Platz angewiesen ist und welche ihm geeignet erscheint, einen Beitrag zur Erklärung der Kugelblitze zu liefern.

Das Gewitter kündigte sich bereits um 6 Uhr Morgens in der Umgebung von Paris an. Ein ausgedehntes Gewölk verdunkelte den Himmel und erzeugte eine Reihe von außerordentlich langen und mannigfachen Blitzen: einige davon waren zweitheilig, andere vielfach gekrümmt oder in geschlossenen Curven; einer, in sich selbst zurückschlagend, stellte sogar eine Curve dar, vollkommen gleich jener, welche unter dem Namen Blatt des Descartes bekannt ist. Im allgemeinen erschienen diese Blitze aus leuchtenden Punkten zusammengesetzt und gewährten den Anblick, den ein hochgespannter elektrischer Strom hervorruft, wenn er über eine feuchte Fläche geleitet wird.

Fig. 132.



Perlschnur-Blitz.

Um 7 Uhr Morgens, als sich das Gewitter über Paris auszudehnen begann, fuhr ein ganz vorzugsweise bemerkenswerter Blitz zur Erde; seine Bahn war die eines in die Länge gezogenen S, er blieb meßbare Zeit sichtbar und glich einem Rosenkranze aus leuchtenden Perlen, ausgestreut längs eines sehr feinen leuchtenden Fadens (wie dies Figur 132 versinnlichen soll). Dieser Blitz schien Paris in der Richtung von Vaugirard zu treffen. In der That berichteten die Zeitungen, daß der Blitz in Vaugirard, Grenelle u. s. w. eingeschlagen habe und überdies, daß er in der Ei- oder Kugelform beobachtet worden sei.

In den Samstag den 19. August 1876 in Paris erschienenen Zeitungen fanden sich nachstehende Angaben. Das so ersehnte Gewitter ist endlich gekommen. Gegen Mitternacht hatten die Blitze begonnen das Gewölk zu durchfurchen, zunächst ohne Geräusch, aber von Minute zu Minute an Intensität zunehmend. Gegen vier Uhr Morgens folgten sie sich bereits ohne Unter-

brechung, wie die Raketen eines Feuerwerkes. Man hat beobachtet, daß die Donnerschläge anderer Art waren, als das gewöhnliche Rollen des Donners; sie glichen mehr einer Reihe kurzer Schläge, gleich einer Kanonade ... Der Blitz schlug an verschiedenen Orten ein und erzeugte manche merkwürdige Erscheinung. So trat das elektrische Fluidum z. B. am Boulevard de Vaugirard 259 durch den Schornstein ein, durchschritt ein von einem Bediensteten bewohntes Zimmer, welcher aber zur Zeit glücklicherweise abwesend war, und fuhr, nachdem er einen Leinensack entzündet hatte, unter Zertrümmerung zweier Fensterscheiben aus dem Zimmer hinaus..... Fast im selben Augenblicke traf der Blitz das Haus Nr. 99 in der rue d'Assas. Hier fiel er in Eiform, zerstörte den westlichen Giebel des Hauses und schleuderte ihn auf große Entfernung in die umliegenden Gärten. Die Steintrümmer der Karnieße fielen auf den Balkon des fünften Stockwerkes und erzeugten dadurch ein lebhaftes Funkensprühen. Das Zinkblech, womit der Giebel beschlagen war, zeigte sich wie mit dem Schneideeisen losgetrennt.

Wahrscheinlich ist der Blitzschlag auf verschiedenen Punkten gleichzeitig erfolgt, indem er sich verzweigt oder in mehrere Kugelfragmente in der Nähe der Erde zertheilt hat, denn Planté sah nur einen einzigen Blitz von den Wolken zur Erde fahren. Zu bemerken ist noch, daß reichlicher Regen floß.

Während dieses Gewitters fiel ein Kugelblitz auch noch auf das Haus Nr. 35 in der rue de Lyon. Auch dieses Falles wurde in allen Zeitungen gedacht und Planté verschaffte sich überdies durch eine sofort eingeleitete Untersuchung zuverlässige Auskünfte hierüber. Unter anderen Zeugen erklärte auch ein im Erdgeschosse des bezeichneten Hauses gewesener Pharmacie-Eleve in einer Entfernung von einigen Metern gleichzeitig zwei Feuerkugeln gesehen zu haben, welche bei ihrem Falle einen solchen Glanz verbreiteten, daß er geblendet wurde; sie verschwanden, nachdem sie den Erdboden erreicht hatten. Obwohl dieser Blitz von Meudon aus nicht beobachtet wurde, da hieran der inzwischen befindlich gewesene Regenvorhang gehindert hat, so gestaltete doch die Beobachtung des auf Vaugirard gefallenen Perlschnurblitzes anzunehmen, daß auch der Blitz in der rue de Lyon gleicher Art war. Uebrigens gewährten jene Blitze, welche im Schoße der Wolken entstanden, mehr den Anblick einer Reihe leuchtender Punkte als den eines Lichtstrahles.

Für die ganz ungewöhnlich starke elektrische Ladung der Atmosphäre zur Zeit des eben besprochenen Gewitters zeugen auch gleichzeitig von Trécul beobachtete auffallende Erscheinungen. Während des Gewitters, welches am Morgen des 18. August niederging, war ich, erzählt Trécul, zwischen 7 und 8 Uhr damit beschäftigt, bei meinem offenen Fenster zu schreiben. Heftige Blitzschläge, welche in der Nachbarschaft zu erfolgen schienen, fanden zu

wiederholten Malen statt. Fast oder ganz gleichzeitig mit diesen stiegen kleine leuchtende Säulen in schiefer Richtung bis auf mein Papier herab. Die Länge einer derselben war beiläufig zwei Meter ... ihr Aussehen glich jenem angezündeten Gases bei schlecht begrenzter Form.... Es fand keinerlei Explosion statt; nur nahe dem Erlöschen, verließen sie das Papier mit schwachem Geräusche.

Planté's Beobachtung des Perlschnurblitzes stimmt übrigens mit einer anderen Beobachtung derselben Erscheinung, welche Th. du Moncel erwähnt. Hiernach bemerkte man während eines Gewitters in London, in der Nacht vom 19. zum 20. Juni 1857 mehrere Blitze, welche einige Augenblicke sichtbar blieben und erst verschwanden, nachdem sie sich gleichsam in einzelne Lichtkörner aufgelöst hatten.

Das Vorkommen solcher Perlschnurblitze wurde Planté nachträglich durch Beobachtungen bestätigt, welche Renou, Van Tricht, Daguin, Joule und Lawrence gemacht haben. Von den Berichten hierüber verdient jener Renou's besonderes Interesse, da er auf den Zusammenhang zwischen Kugelblitz und Perlschnurblitz deutlich hinweist.

E. Renou berichtete über diesen von ihm am Abende des 20. Juli 1859 beobachteten Fall an die Pariser Akademie in einer Mittheilung vom 20. November 1876. Der Blitz schien mir, heißt es daselbst, auf italienische Pappeln zu fallen, welche sich 200—250 Meter von meinem Standpunkte entfernt befanden; der Blitz beschrieb eine verticale aber etwas gewundene Linie, gebildet aus sich fast berührenden Kugeln, wie bei einem Rosenkranze, die aber einen lebhaften Glanz besaßen. Diese Erscheinung bot sich augenblicklich dar; aber nach dem Eindrucke, welcher mir zurückblieb, habe ich den Durchmesser der Kugeln auf ein Zehntel des Sonnendurchmessers geschätzt. Ein Winkel von drei Minuten auf 200 oder 250 Meter wird für diese Kugeln einen Durchmesser von 0·2 Meter ergeben; das ist jene Größe, welche man den Kugelblitzen zuschreibt, wie man sie zu wiederholten Malen Zimmer durchschreiten gesehen hat, ohne die anwesenden Personen zu verletzen.

Joule schrieb über die Beobachtung eines bemerkenswerten Blitzes: Am 16. August 1877 Abends fand ein heftiges Gewitter zu Southport statt.... Unter den brillantesten Blitzen, welche ich beobachtet habe, bot einer einen Anblick, wie ich von einem solchen noch niemals Zeuge war. Von seinem Ausgangspunkte aus den Wolken an bis zu seinem Fall ins Meer schien er aus kleinen Fragmenten gebildet, die in der Weise aneinander gereiht waren, wie dies Figur 133 darstellt.

Einem Schreiben Tavernier's in der Zeitschrift La lumière électrique ist nachstehende Beobachtung eines Kugelblitzes entnommen. Sie stammt aus

dem Jahre 1877 und wurde in dem Hauſe Nr. 82 der rue d'Assas in Paris gemacht. Im Monate Juni war es, als ein Bedienſteter des Hauſes in einer gegen den Garten gerichteten Veranda ſaß; der Tag war ſehr ſtürmiſch und der Himmel bedeckt, aber es hatte nicht geregnet. Die Hitze war niederdrückend und ließ ein Gewitter vorausſehen. Um $3^1/_2$ Uhr ließ ſich das Rollen entfernten Donners hören. Um 4 Uhr ſtieß der Diener, welcher auf der Veranda geblieben war, einen Schrei aus, da er eine Feuerkugel, etwas größer als ein Kopf, erblickte; ſie ſchien aus brennendem Schwefel zu beſtehen und leuchtete mit blauer Flamme. Die Kugel ſtieg langſam in den Garten hinab, ſchwankte einige Augenblicke lang, einer Seifenblaſe gleich, auf dem Raſen hin und her, erhob ſich dann plötzlich und ſtieg viel ſchneller aufwärts, als ſie herabgekommen war. Sie flog über das Haus und ſchlug dann gegen einen in der rue de l'abbé de l'Epée ungefähr 100 Meter von der rue d'Assas entfernt ſich befinden Pfeiler. Im ſelben Augenblicke vernahm man eine heftige Detonation und eine Unterſuchung des Trottoirs an jener Stelle, an welcher die Kugel niedergegangen war, zeigte das Bitumen aufgeriſſen und einzelne Stücke davon auf große Entfernung hin weggeſchleudert. Das hierdurch erzeugte Loch hatte bei einem Fuß Tiefe einen Durchmeſſer von 50 Centimeter. Im ganzen Viertel verbreitete ſich Schwefelgeruch. Der Erſcheinung folgte ein reichlicher Hagelfall.

Fig. 133.

Perlſchnur-Blitz.

Dem Poſtvorſteher Schmauch in Hermsdorf dankt Reimann nachſtehende Mittheilung. Es war im Juli 1881, erzählt Schmauch, eines Nachmittags zwiſchen 4 und 5 Uhr, als ein heftiges Gewitter tobte. Ich hatte die Leitungszweige im Blitzableiter, in welchem es fortwährend kniſterte, mit Erde verbunden und mich in der dem Apparattiſch entgegengeſetzten Zimmerecke an den Ofen geſtellt. Da ſah ich plötzlich in der Ecke neben dem Tiſche, etwa 60 Centimeter von dem Morſe-Apparate entfernt, eine feurige rothe Kugel von mindeſtens 22 Centimeter Durchmeſſer. Sie ſchwebte unbeweglich in einer Höhe von 1·2 Meter über dem Fußboden. Eine Secunde vorher war dort nichts zu erblicken geweſen. Die Kugel verſchwand ſofort mit einem piſtolenſchußartigen Knall, Stücke habe ich nicht herumfliegen geſehen und auch nichts gefunden, als ich mich von meinem Schreck erholt hatte und ſuchte. Die Thüren und Fenſter des Zimmers waren ſämmtlich geſchloſſen.

Ueber die Situation berichtet Reimann folgendes: Das Postamt in Hermsdorf befindet sich zur ebenen Erde eines niedrigen, nur Parterreräume fassenden, mit Ziegeln gedeckten Hauses. Das betreffende Zimmer ist ein Eckzimmer mit zwei Fenstern nach der Straße und zwei Fenstern nach der Seite. Der Apparatentisch steht vor dem zweiten nach der Hausecke zu gelegenen Vorderfenster. In dem Eckraume, wo die Kugel in je einem Meter Abstand von den Wänden erschienen war, laufen an der Vorderwand die Telegraphendrähte herab und an der Seitenwand hängt der Schrank mit den Elementen. Die Entfernung zwischen dem Ofen, wo Schmauch stand, und der Kugel betrug 5 Meter.

Ueber den Besuch eines Kugelblitzes in einem Stalle berichtete der Courrier du Pas-de-Calais vom 1. Juni 1882, wie nachstehend angegeben: Der Blitz fiel um 5 Uhr Morgens bei M. Veret, Milchmeier in der rue des Chauvines. Mme. Veret, welche im Stalle mit dem Melken einer Kuh beschäftigt war, hat gesehen, wie eine Feuerzunge in den Stall eintrat, sich fortbewegte, zwischen einer Kuh und der Mauer einen Raum passirte, der nicht über einen Fuß breit war und schließlich durch die Thüre hinausging, ohne eine Spur ihres Weges zu hinterlassen und ohne eine Person oder ein Thier zu verletzten. Der ganze Weg ist langsam zurückgelegt worden, was mehrere Secunden Zeit erforderte. Zwei Zeugen haben die Erscheinung gesehen.

Ueber einen Kugelblitz in Schweden sandte Hildebrandsson der Meteorologischen Zeitschrift folgende Nachricht:

Die Gewitter waren im vorigen Monate (Juli 1883) ungewöhnlich frequent und heftig in Schweden. In Norrköping sollen mehrere Kugelblitze gesehen worden sein. Ein solches seltenes Phänomen traf am 9. Juli hier in der Nähe von Upsala ein. Vor einigen Tagen hörte ich davon reden und begab mich sogleich dorthin, um nähere Auskunft zu suchen. Das kleine Dorf Malma liegt eine kleine halbe Stunde im Südsüdwesten von Upsala. Die Häuser haben eine Fichtenwaldung im Norden auf etwa 100 Meter Abstand. Im Westen liegt in doppelter bis dreifacher Entfernung das Gut Rosendal mit Laubbäumen umgeben; sonst erstrecken sich weite, bebaute Felder ringsherum.

In der nordwestlichen Ecke des Dorfes, einige Meter entfernt von den übrigen Häusern, befindet sich ein kleines Haus mit nur zwei Räumen, einer Küche im Norden und einem Zimmer im Süden. Die Eingangsthür liegt im Osten und führt in die Küche, davor steht eine kleine Vorstube. Das Küchenfenster liegt auf der Westseite, der Thür schief gegenüber. In der Küche befanden sich die Frau mit zwei Kindern und eine Nachbarsfrau. Die eine Hälfte des Fensters war herausgenommen, aber eine Holzscheibe auswendig

angeschraubt. Es blieb doch eine Spalte von 3·5 Centimeter Breite zwischen dieser Luke und dem Mittelpfosten des Fensters. Die Thür zwischen Küche und Vorstube stand offen. Die Außenthür war zwar geschlossen. Da die Vorstube aber alt und baufällig ist, so war während des Gewittersturmes aus Westen ein starkes Zugwetter durch die Küche von dem Fenster durch die Vorstube hinaus.

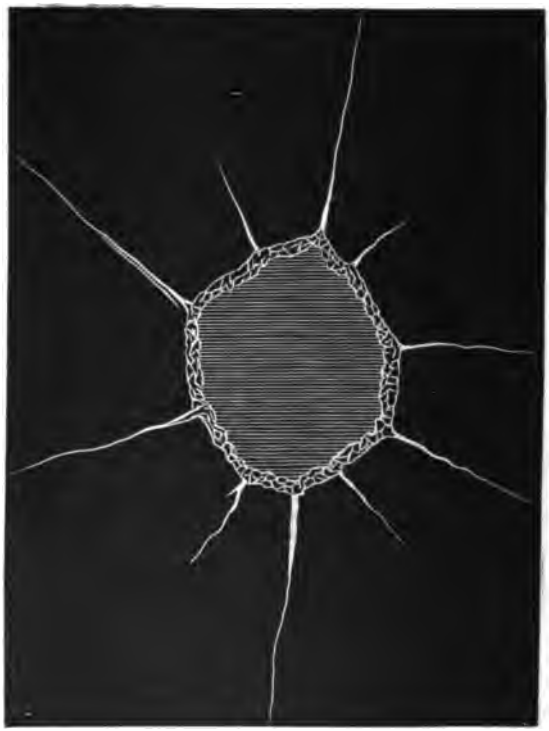
Um etwa 1 Uhr 30 Minuten Nachmittags, da das Gewitter sehr heftig war, wurde ein starker Knall gehört und dabei fielen einige Spielzeuge des Knaben, die im Fenster standen, um. Vor dem Fenster der Küche wurde in demselben Nu »eine goldene Sonne« gesehen. Sie senkte sich gegen den Boden in Gestalt »eines goldenen Eies von 4 Fuß Länge«, so groß wie »ein Mann, der auf allen Vieren kriecht«. Das »Goldei« bewegte sich langsam dicht über dem Boden, mit dem dicken Ende voran, mit dem Zuge zu der Vorstube hinaus. Auf der Schwelle erhob es sich plötzlich und preßte sich schnell durch eine Oeffnung oberhalb der Thür, wobei Moos, womit die Oeffnung verstopft war, weggeschleudert wurde. Augenblicklich darauf wurden mehrere scharfe Schüsse nacheinander im Freien gehört, so stark, daß »alle Menschen im Dorfe mit Entsetzen hinausstürzten, um zu sehen, was geschehen war«. Es war jedoch glücklicherweise gar nichts zu sehen. Nicht die geringste Spur von Feuer konnte ich entdecken, weder an der Eintritts- noch an der Austrittsstelle. Ein Schneider hatte vom Fenster eines anderen Hauses die Feuerkugel gesehen, als sie sich gegen das Haus von oben senkte, sprang aber erschrocken vom Fenster weg und sah sie nicht wieder herauskommen.

Ohne Zweifel haben wir es, fügt Hildebrandsson hinzu, wenigstens in diesem Falle nicht mit einer eigenthümlichen Art elektrischer Entladung zu thun. Es ist vielmehr ein secundäres Phänomen, durch einen Blitz hervorgerufen. Wahrscheinlich war es ein Dampfball mit Knallgas oder dergleichen gemischt und dadurch von einem gewöhnlichen leuchtenden Nebel verschieden. Sollte aber nicht doch die Annahme eines Kugelblitzes mehr Berechtigung haben als jene einer ganz eigenthümlichen Zusammenwirkung von Dampf, Knallgas (woher?) und leuchtendem Nebel?

Nach einem Berichte in der meteorologischen Zeitschrift wurde London und der südliche Theil Englands am 5. Mai 1884 zur Mittagszeit von einem äußerst schweren Gewitter heimgesucht. In der Metropole schlug der Blitz wiederholt ein, so z. B. bei der Börse, in die dort spinnenwebenförmig gespannten Telegraphendrähte und zerriß mehrere derselben, die beim Niederfallen auf den Platz vor dem Peabody-Monument zwei Damen und einen Herrn so erheblich verletzten, daß dieselben in eine nahe gelegene Klinik getragen werden mußten. In Cambridge wurde die Stirnmauer eines Hauses

durch einen Blitzschlag vom Dachgiebel bis zum Erdgeschoß entzweigespalten und ein Glashaus ganz zertrümmert..... In der Blackfriarsstraße bei London Bridge fuhr der Blitz in Gestalt eines feurigen Ballens vor einem Pferdebahnwaggon auf die Straße nieder und ließ im Pflaster eine deutliche Vertiefung zurück. Die Detonation war eine ganz außerordentliche, und mehrere Personen wurden vor Schrecken ohnmächtig.

Fig. 134.



Blitzschlag in eine Glasscheibe.

Ueber in gleicher Weise interessante, als genau beobachtete Blitzschläge in Kugelform hat C. Decharme in der wiederholt genannten Zeitschrift »La lumière électrique« einen eingehenden Bericht veröffentlicht, der nachstehend in möglichst getreuer Uebersetzung wiedergegeben werden mag.

Sonntag den 24. Februar 1884 Abends, nach einem verhältnißmäßig warmen Tage (10 Grad), nach einigen wechselnden Windstößen (Süd-West), Regen, Graupenfall und selbst Hagel ging über Amiens ein Gewitter nieder.

Um 7 Uhr 45 Minuten erleuchtete ein Blitz von ungewöhnlicher Helligkeit die ganze Stadt und ihm folgte fast unmittelbar (in weniger als 2 Secunden) ein furchtbarer Donnerschlag, welcher die Fenster aller Häuser erschütterte und eine große Anzahl von Personen in Schrecken versetzte, ebensowohl wegen seines unerwarteten Auftretens als auch wegen der Intensität der Erscheinung. Obwohl dies der einzige Blitz- und Donnerschlag in diesem Gewitter war, hat er nichtsdestoweniger doch an mehreren Orten der Stadt eingeschlagen (welche hinlänglich weit von einander entfernt sind) und beiläufig unter

Fig. 135.

Blitzschlag zu Amiens am 24. Februar 1884.

derselben ungewöhnlichen, ganz besonderen Form feuriger Fragmente, welche die sehr seltene Form der Kugelblitze im verkleinerten Maßstabe darzustellen scheint.

1. Der Blitz traf zunächst das Theater während einer Vorstellung, indem er die Glasscheibe eines Fensters durchbrach, welches nach Osten in einen kleinen Hof auf der Seite des Justizpalastes geht (Fig. 134 und 135); hierauf fuhr er zwischen die Coulissen durch, wo sich mehrere Schauspieler befanden, und zwar sehr nahe an einem derselben vorbei, der aber nicht die geringste Erschütterung verspürte, trotzdem der Blitz seine Hose unterhalb des Knies leicht geschwärzt hatte. Man verfolgte länger als eine Secunde die

Bewegung des Blitzes, der in der Form einer kleinen blauen Feuerkugel (von 2 bis 3 Centimeter Durchmesser) sichtbar war, dann eine sehr schwache Explosion, gleich jener beim Anzünden eines Zündhölzchens, verursachte und sich dann in den Räumen unterhalb der Bühne verlor, ohne, wie eine sofort angestellte Nachforschung ergab, irgendwelchen Schaden anzurichten. Glücklicherweise hatte Niemanden die Furcht übermannt.

Was das fast kreisrunde oder elliptische Loch inmitten der Fensterscheibe, die einzige Spur, welche der Blitz von seinem Durchgange hinterlassen hat, anbelangt, so war dieses 0·03 Meter lang bei einer Breite von 0·025 Meter, am ganzen Rande zersplittert, ohne irgendeine Spur von Schmelzung aufzuweisen (Fig. 134). Bemerkenswert ist, daß dieses Loch nur 6 Meter oberhalb der Erde entstand und das Fenster überhaupt durch das Theatergebäude beherrscht wird; daß überdies bei dem Fenster, welches der Blitz durchschritt, eine bis zur Erde herabsteigende Metallröhre sich befand, welche im Momente des Gewitters durch das reichlich sich ergießende Regenwasser mit der Erde in leitender Verbindung stand.

2. Gleichzeitig traf der Blitz ein Privathaus (maison de M. Gossart. Fig. 135), welches beiläufig 200 Meter südlich vom Theater gelegen ist. Eingedrungen durch ein offenes, gegen Westen gerichtetes Küchenfenster, erschien er zwei Personen in der Form einer kleinen Feuerkugel von Haselnußgröße, welche oberhalb eines Tisches, an dem ein junger Mann schrieb, angekommen, nahe am Kopfe desselben mit dem Lärm einer Petarde platzte und verschwand. Diese Erscheinung hatte keine zwei Secunden gedauert, als man einen fürchterlichen Donnerschlag vernahm und mit Entsetzen erkannte, daß man den Besuch eines Blitzes in seltener Form gehabt habe. War der Schrecken groß, so geschah doch kein Unglück oder Schaden.

3. Gleichfalls zur selben Zeit traf der Blitz den Kamin des 400 Meter vom Theater entfernten Rathhauses, unweit von einem Blitzableiter dieses Gebäudes; es hatten daselbst zwei Agenten im Polizei-Centralbureau den schwachen elektrischen Lichtschein gesehen und eine kleine Explosion, gleich jener eines explodirenden Kapsels, wahrgenommen. Dies ist also ebenfalls ein kleiner Kugelblitz gewesen. Die elektrischen Klingel, deren Leitung von dieser Centralstation ausgeht und an vier einander entgegengesetzt liegenden Punkten der Stadt endigt, wurden in Bewegung gesetzt. (Im Telegraphenbureau wurde der Dienst nicht unterbrochen, die Linien liegen unterirdisch im ganzen Stadtgebiete, ober welchem das Gewitter stattfand.)

4. In Gamand's Hause (rue Saint Denis 30, 150 Meter vom Theater hinter dem Justizpalast, versehen mit Blitzableitern) hat eine Magd, welche sich im Augenblicke des Blitzschlages vor der offenen, auf einen Hof

gehenden Küchenthür befand, eine Flamme von bläulichweißer Farbe, mit schlecht bestimmten Contouren gesehen, welche aus Südwesten kommend, sich auf eine an die Thür stoßende Dachrinne niederließ. Diese Frau sah die Feuerkugel zu ihren Füßen niederfallen und schätzte deren Größe auf die eines Eies. Beim Erreichen der Dachrinne erzeugte die Kugel einen starken Lärm, ähnlich einem Flintenschusse oder besser noch dem kurzen Schlage einer großen Petarde. Die vom Schrecken ergriffene Magd stürzte in die Küche zurück und hatte gerade noch Zeit, sich zu setzen, als sie einen heftigen Donnerschlag vernahm. Es ist noch zu bemerken, daß in diesem Augenblicke eine sehr bedeutende Wassermenge sich aus der Dachrinne durch eine Gußeisenröhre auf die Straße ergoß. Der Blitz hatte hier nur Schrecken erregt, aber keine Zerstörung verursacht, weder eine Spur noch einen Geruch oder Rauch hinterlassen.

5. Im Hause Coquel's (rue des Sergeants 44, 270 Meter vom Theater in der Richtung des Jardin des Plantes) drang der Blitz durch den Schornstein in die Küche eines gewissen Brant, hob daselbst den Verschluß der Herdplatte wie eine Sicherheitsklappe und trat aus dem Herdfeuer als Feuerkugel heraus, welche Frau Brant deutlich gesehen und beschrieben hat. Dieser Flammenballen war anfangs sehr umfangreich, aber in der Mitte der Küche, d. i. ungefähr 2 Meter von der Feuerstelle entfernt, angekommen, verminderte er sich zur Größe einer Orange oder gar nur eines Eies, bis er mit dem Getöse eines Flintenschusses explodirte, ohne eine Spur zurückzulassen oder einen Rauch oder Geruch zu erzeugen; furchtbarer Schrecken war seine einzige Wirkung. Die ganze Erscheinung spielte sich in weniger als zwei Secunden ab, zwischen dem Erscheinen des Blitzes und dem Getöse des Donners. Unterhalb dieser Küche befanden sich Gasröhren, die gerade vorher abgeschnitten wurden, aber am Platze geblieben sind und daher noch etwas Gas enthielten. Als man sich in diesen Raum begab, um nachzusehen, ob der Blitz Zerstörungen bewirkt habe, bemerkte man an dem Ende einer Röhre eine kleine Flamme, welche nur durch den Blitz hervorgerufen sein konnte. Der Blitz mag wohl, die Küche verlassend, getrachtet haben, durch die Gasröhren das nasse Erdreich zu gewinnen.

6. Ein bei Gamand Bediensteter nahm zur Zeit, als das Gewitter losbrach, mit mehreren Personen seine Mahlzeit in einem Restaurant ein, welches 590 Meter vom Theater entfernt bei der Eisenbahn und nahe dem Bahnhofe gelegen ist. Er sah kurz vor dem Donnerschlage eine kleine blaue Flamme mit sehr großer Geschwindigkeit sich über den Tisch bewegen. Seine Tischgenossen hatten keine Zeit gehabt, sie zu sehen. Die Flamme zerplatzte dann ohne Lärm und hinterließ keine Spur ihres Weges; auch weiß man

nicht, wo sie in das Haus eingetreten — höchst wahrscheinlich durch den Kamin.

7. Endlich fiel der Blitz und zwar annähernd in derselben kugeligen Form, wie auf das Haus Gossart's, auch auf jenes von Guilbert, welches 800 Meter vom Theater entfernt am Boulevard du Jardin des Plantes liegt. Man hat alle Ursache zu glauben, daß er hierher durch eine Telephonleitung gelangt ist, denn diese war gezerrt und um einige Centimeter verlängert; überdies war auch die Klingel, zu welcher sie führte, in Unordnung. Diesen in der Küche endigenden Draht verließ der Blitz und bewirkte eine mindestens ebenso starke Explosion wie die eines Flintenschusses. Kaum hatte man den Lärm vernommen, als man eine nußgroße blaue Flamme aus der Küche in einen benachbarten Raum gehen sah, wo sie fast rund um einen Tisch, an welchem mehrere Personen ihre Mahlzeit einnahmen, kreiste; sie streifte den Hausmeister (den Erzähler dieser Erscheinung), welchem dadurch für einige Augenblicke die Hand gelähmt wurde; dann verschwand die Flamme, ohne eine Spur oder einen Geruch zu hinterlassen. Auch hier spielte sich alles in weniger als zwei Secunden ab und gab der heftige Donnerschlag Aufklärung über die Natur der Erscheinung.

Obwohl also während des Gewitters nur ein Blitzschlag erfolgt ist, hat der Blitz doch, und zwar in Kugelform, sieben verschiedene Orte getroffen, zwischen welchen die größte Entfernung in gerader Linie ungefähr 1360 Meter erreichte. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, daß bei dieser Zerstreuung der Blitzmaterie auch die Blitzableiter der benachbarten Gebäude getroffen worden sind, wie z. B. jene des Justizpalastes, der Gendarmerie und auch der Kathedrale, aber sie waren nicht imstande, das blitzableiterlose Theater zu schützen.

Von einem im Beobachten geübten Augenzeugen wurde Decharme erzählt, er habe von seinem offenen Fenster aus im Momente des Blitzes eine große leuchtende Masse von ungewöhnlichem Glanze (so daß er für einige Augenblicke geblendet war) gesehen, welche sich ihm in zerstreuten Nebel zu vertheilen und gerade nach jenen Richtungen zu bewegen schien, die oben besprochen wurden. Hiernach darf man wohl vermuthen, daß die elektrische Masse in gewisser Höhe der Atmosphäre auf eine Wolke oder eine schlechter leitende Schicht getroffen ist, welche die Vertheilung und Auflösung des elektrischen Fluidums veranlaßte, in gleicher Weise, in welcher eine auf einen festen Körper fallende Flüssigkeit in nach allen Richtungen fliegende Tropfen zerstäubt wird.

Schließlich muß noch der Wahrnehmung eines Architekten gedacht werden, welche zu diesem Blitzschlage in Beziehung zu stehen scheint. Samstag den

23. Februar, am Vorabende des Gewitters, hörte im Bisthume in der Behausung des Abbé Morel das Wasser zu fließen auf. Montag ließ der Architekt nachgraben, um die Ursache des Verschwindens aufzufinden. Er fand eine große Anzahl gußeiserner Röhren wie Glas gebrochen (das sind seine eigenen Worte), eine Wahrnehmung, die ihm sehr auffällig erschien. Ueberdies zeigte eine dieser Röhren, welche ungefähr 0·8 Meter unterhalb einer Ableitung des Blitzableiters auf der Thurmspitze der Kathedrale lag, ihre gebrochenen Enden gegen den Leiter, der in senkrechter Richtung auf die Richtung der Röhren verlief, aufgerichtet.

Es ist also sehr wahrscheinlich, um nicht zu sagen sicher, daß hier die Elektricität mit im Spiele gewesen. Ist nun das Ausbleiben des Wassers infolge eines gewöhnlichen Röhrenbruches erfolgt, oder unter Einwirkung der atmosphärischen Elektricität, deren Spannung schon am Vorabende des Gewitters eine sehr hohe gewesen sein muß, in jedem Falle hat das Ausfließen des Wassers in die Erde den Blitzschlag für den nächsten Tag (den 24.) erleichtert. Mehrere Personen haben auch behauptet, daß sie auf den Blitzableitern und speciell auf jenem des Kirchthurmes Flammen gesehen haben. Der unter solchen Bedingungen fallende Blitz traf auf mit Wasser halb gefüllte Röhren und zersprengte diese. (Sprengung von Wasserröhren durch elektrische Entladungsschläge S. 62.) So erklären sich die zahlreichen, bizarren Röhrenbrüche, für welche man keinerlei Erklärung zu geben imstande wäre, wenn man die Mitwirkung des Blitzes ausschließt.

Am 19. und 29. April 1886 entluden sich, wie Reimann berichtet, über Hirschberg Gewitter, welche besonders durch ihre Neigung zur Bildung von Kugelblitzen interessant sind. Am 19. April überzog sich Nachmittags der Himmel mit aus Nordnordosten kommendem Gewölk, aus dem um $3\frac{1}{2}$ Uhr der erste stärkere Blitz und Donner erfolgte. Zugleich zog auch eine schwächere Gewitterwolke aus Südosten herauf, die mit jener zusammentraf. Die meisten Blitze gingen horizontal, waren auffallend lang und traten in Pausen von 5 bis 7 Minuten auf. Der letzte Blitz wurde gegen 5 Uhr wahrgenommen. Der heftige Regen wurde nach Blitzen noch stärker. Während des Gewitters sowie am ganzen Tage wehte ein kräftiger Nordostwind. Eingeschlagen hat es, soviel Reimann bekannt wurde, nur in eine Fichte im Grünbusch, $\frac{1}{2}$ Stunde von der Stadt.

Während des Gewitters sind nun zwei Kugelblitze beobachtet worden. Der eine wurde von der Frau des Locomotivführers Petitjean und dessen Sohne, einem Secundaner des Hirschberger Gymnasiums, gesehen. Sie befanden sich an verschiedenen nach einem Bauplatze an der Ecke der Wilhelm- und Inspectorstraße gerichteten Fenstern im dritten Stocke des Timm'schen Hauses.

Eine blendende Feuerkugel von gelber Farbe und der Größe einer mittleren Kegelkugel kam unter schwachem Geräusch, wie es eine Fahne verursacht, die im Winde flattert, verhältnißmäßig langsam über die längs der Straße ausgespannten Telegraphendrähte und senkte sich mitten auf dem mit Gras bewachsenen Bauplatze zur Erde herab. Ob sie den Boden berührt hat, konnte nicht genau erkannt werden. Darauf erhob sie sich sofort wieder und flog höher und bedeutend schneller als sie gekommen war über die Häuser an der Inspectorstraße weiter. Der junge Petitjean riß schleunigst das Fenster auf, um ihr nachsehen zu können und erblickte sie noch in der Nähe des hohen Gymnasialgebäudes, hinter dem sie sich seinen Blicken entzog. Die Strecke von der Wilhelmstraße bis zum Gymnasium beträgt 250 Meter. Die ersten 26 Meter ihrer Bahn, bis sie sich senkte, legte sie in 2 bis 3 Secunden zurück. Ihre Richtung ging nach Südsüdwest. Die Aussagen von Mutter und Sohn sind übereinstimmend. Die Zeit ist nicht genau zu constatiren gewesen.

Der zweite Kugelblitz wurde von Frau Hornig, der Frau eines Bureaudieners, um 4 Uhr von ihrer Wohnung aus gesehen, die sich nach Osten zu auf der Giebelseite des Gasthauses zum braunen Hirschen im zweiten Stock befindet. Der braune Hirsch liegt an der Bahnhofstraße schrägüber dem Cantorhause der Gnadenkirche. Die gelbe Feuerkugel flog sehr schnell von der Franzstraße her quer bei ihren Fenstern in einer Entfernung von etwa 20 bis 25 Metern vorbei in der ungefähren Richtung von Süden nach Norden, ging über die Bahnhofstraße und verschwand spurlos auf dem steilen, mit Ableiter versehenen Ziegeldache eines etwas zurück im Garten liegenden Hauses. Die Größe war die eines Kinderkopfes. Dicht hinter ihr folgten noch in einer Reihe vier bis fünf kleinere, wie Billardbälle große Kugeln. Ein Geräusch ist nicht gehört worden. Die Frau hat sofort von dieser merkwürdigen Erscheinung ihren im Nebenzimmer befindlichen Kindern, einer erwachsenen Tochter und einem Sohne, unter dem Ausdrucke ihrer Verwunderung Mittheilung gemacht. Sie ist eine einfache, in ihren Aussagen bestimmte Frau, die auf weitere Fragen erwiderte, es thäte ihr leid, aber mehr als sie ausgesagt, habe sie nicht bemerkt, da die Kugeln so plötzlich kamen und sie noch nie etwas derartiges gesehen habe.

Das zweite Gewitter, über welches Reimann berichtet, stieg am 29. April 1886 plötzlich mit rasender Geschwindigkeit von Nordwesten her auf unter starkem Regen und Hagel, sowie Sturm aus Nordwesten. Es dauerte von $2^1/_2$ bis 3 Uhr Nachmittags. Eingeschlagen hat es nur in eine große Fichte am Hausberge, in welche schon einmal im vorigen Jahre der Blitz gefahren ist. Die Blitze waren so zahlreich, daß sich, wie ein Primaner

gesehen hat, ein horizontaler und ein gleichzeitiger verticaler auf derselben Himmelsgegend projicirten und ein Kreuz bildeten. Viele waren von auffälliger Beschaffenheit.... Endlich sind während dieses Gewitters ebenfalls wieder Kugelblitze gesehen worden. Der eine wurde von Frau Bauer, Inhaberin eines Pensionates, von der Veranda ihrer in Cunnersdorf (unmittelbar bei Hirschberg) gelegenen Besitzung aus beobachtet. Ein großer leuchtender Klumpen, wie sie sich ausdrückte, fiel über Hirschberg senkrecht aus der Wolke herab und zersprang in mehrere Stücke, welche in der Luft verschwanden.

Der zweite Kugelblitz ist merkwürdigerweise wie der Petitjean'sche vom 19. April ebenfalls über das Dach des Gymnasiums und auch in ähnlicher nordwestlicher Richtung weggegangen, so daß Reimann zuerst glaubte, als er die erste Mittheilung von einem Gärtner erhielt, es handle sich um diesen, bis das Datum und eine unmittelbar darauf erhaltene Nachricht, daß diese Kugel auch noch von einem Fräulein Weinmann, der Tochter eines hiesigen Kaufmannes und Landwirtes, gesehen worden ist, jeden Zweifel beseitigte. Der Gärtner befand sich 120 bis 130 Meter hinter dem Gymnasium in einer Laube am Waisenhause in der Zapfengasse, Fräulein Weinmann am Fenster ihres an der Inspectorstraße quer nach der Bahnhofstraße zu gelegenen Hauses, 56 bis 60 Meter vor dem Gymnasium; die Kugel hat zwischen beiden eine Strecke von etwa 100 Metern zurückgelegt. Ersterer erzählte: Während des Gewitters am 29. April gerade um $2^3/_4$ Uhr kam plötzlich ein rother Feuerball in flachem Bogen vom Dache des Gymnasiums her unter zischendem Geräusch und platzte über den Bäumen des Gymnasialgartens ohne Knall auseinander; die Stücke flogen rechts und links nach unten und verschwanden spurlos in der Luft. Er sei leichenblaß geworden vor Schreck, obgleich er den Feldzug mitgemacht und manche Bombe crepiren gesehen habe. Fräulein Weinmann hat plötzlich zu ihrer Rechten über dem gegenüber gelegenen Hause der Inspectorstraße eine rothe Feuerkugel von der Größe eines Kopfes erblickt, die sich schnell nach der Ecke des Gymnasiums und über die Dachecke weg in flachem Bogen weiter bewegt hat und im Hintergrunde des Zwischenraumes zwischen dem Gymnasial- und dem Nachbargebäude zerplatzt ist. Ein Geräusch habe sie nicht gehört. Sie habe eine neben ihr stehende alte Frau schnell aufmerksam gemacht, so daß auch diese noch die Erscheinung gesehen hat. Um die angegebene Zeit ist nun vom Gymnasialdirector und den Schülern der IIa, welche Classe an der betreffenden Seite des Gymnasiums im zweiten Stock liegt, ein eigenthümliches Geräusch gehört worden, welches wohl zweifellos von der Kugel hergerührt hat.... Die Schüler, welche sich gegenseitig darauf aufmerksam gemacht haben, meinten, es habe zwei Secunden gedauert und geklungen, als ob auf der Bahnhofstraße eine eiserne Stange über das Pflaster

geschleift worden wäre, nur viel schwächer und ganz nahe. Zu erwähnen ist noch, daß Fräulein Weinmann behauptet, sie habe an der Ecke des Gymnasiums, welche von der Kugel gestreift worden ist, einen kurzen Zickzackblitz und zwar »vor« dem Gymnasium aufleuchten sehen. Sie war aber nicht ganz klar, ob in demselben Momente, als die Kugel an der Ecke sich befand oder als sie schon an ihr vorbei war.

Apotheker Rudeck ließ über einen Kugelblitz in Wigandsthal bei Flinsberg im Isergebirge folgende Mittheilung an Reimann gelangen. Während des schweren, vier Stunden andauernden Gewitters am 14. Mai 1886 wurde Nachmittags 5 Uhr von 15 Personen, besonders von dem Gerichtsboten Schaefer, aus dem gegenüberliegenden, nur etwa 4 Meter entfernten Hause, dem Seilermeister Fenstel und den Insassen der Friedeberger Postkutsche, eine intensiv leuchtende bläulichweiße Feuerkugel von dem Durchmesser eines Suppentellers, welche Haus und Hof in allen Farben erhellte, über dem Hause Rudeck's erblickt. Sie kam fast senkrecht herab und bewegte sich auf einen im Hofe $1\frac{1}{2}$ Meter vom Hause abstehenden hohen Baum zu. Aus seinen Aesten haben mehrere Beobachter einen Blitz nach dem Ableiter überspringen gesehen, während unmittelbar nach dem Schlage beide Küchenmägde vor Entsetzen aufschreiend in das Wohnzimmer stürzten mit der Behauptung, in der Küche sei eine Feuerkugel erschienen. Sie ist wahrscheinlich durch den Schornstein eingedrungen. Auf dem Herde brannte Feuer; Spuren sind jedoch nirgends aufzufinden gewesen. Die Erscheinung war von einem furchtbaren Donnerschlage begleitet.

Und schließlich mögen noch einige Berichte über Kugelblitze aus jüngster Zeit hier Aufnahme finden, welche wir der bereits mehrfach erwähnten Veröffentlichung Reimann's über Gewittererscheinungen im Schlesischen Gebirge verdanken. Hiernach scheinen Kugelblitze im Riesengebirge keineswegs selten aufzutreten. So will ein Einwohner des benachbarten Grunau dreimal in seinem Leben bei Gewittern »feurige Kugeln« gesehen haben und Professor Meitzen in Berlin hat ein Postillon während seiner Fahrt über den Landeshuter Kamm erzählt, daß einmal bei einem Gewitter »glühende Kanonenkugeln« in seiner Nähe auf dem Kamme vorbeigesaust seien.

Im vergangenen Sommer wurde in Hirschberg davon gesprochen, daß ein auswärtiger Schüler auf seiner Ferienreise im Gebirge von einem Kugelblitze beinahe getroffen worden wäre. Der junge, aus Dresden stammende Mensch hat an Verwandte über sein Abenteuer folgendes geschrieben: Während meines Aufenthaltes im Schlesischen Gebirge ging ich am Abend des 14. Juli 1886 in Begleitung eines jungen Kaufmannes von Bolkenhain nach Ketschdorf zu. Es stand ein ausgedehntes Gewitter am Himmel und es blitzte im Osten und

Westen. Als wir uns zwischen 10 und 11 Uhr bei dem Dorfe Nimmersatt befanden, sahen wir auf einmal vor uns aus der Wolke von Nordwesten her, aus welcher Richtung auch der ziemlich starke Wind wehte, eine leuchtende Kugel im Bogen sich auf uns zu bewegen. Sie flog in der Höhe von etwa einem Meter über die Straße und ging so dicht an mir vorüber, daß sie mich getroffen hätte, wenn ich nicht unwillkürlich auf die Seite gesprungen wäre. Sie fiel hinter ein Haus, an dessen Ecke wir stehen geblieben waren. Ihr Ende konnte ich nicht sehen, doch ist sie jedenfalls hinter dem Hause auf die Erde gestoßen und zerplatzt, denn es krachte ganz unbändig. Von der Wolke bis zur Erde herab brauchte sie 5 bis 7 Secunden. Zuerst, als ich sie bemerkte, schien sie so groß wie ein Kinderkopf; als sie an mir vorbeiging, hatte sie aber einen Durchmesser von ungefähr einem halben Meter und verbreitete einen gewaltigen Lichtschein. Die ganze Gegend sah aus wie elektrisch beleuchtet. Die Kugel war von hellrother Farbe und hatte einen handbreiten bläulichen Saum.

Der bereits weiter oben (S. 339) erwähnte Bericht des Postvorstehers Klingert über die Erscheinungen während des Gewitters am 3. Juni 1886 in dem Postgebäude zu Agnetendorf lautet: Gegen 5 Uhr Nachmittags begann das von Westen aufziehende Gewitter sich durch fortwährende Bewegung des Ankers im Morse-Apparat bemerkbar zu machen. Als es näher kam, und ein Ueberspringen von Funken im Plattenblitzableiter wahrgenommen wurde, legte ich beide Leitungen an Erde. Nun wurde das Knistern und Leuchten im Ableiter immer häufiger und stärker, bis plötzlich ein so furchtbarer Schlag im Zimmer erfolgte, daß die Fenster klirrten und das Feuer in allen Ecken herumflog, während ich fast betäubt wurde. Ich schloß das parterre gelegene Telegraphenamt ab und ging in meine im ersten Stock befindliche Wohnung. Gegen 6 Uhr erfolgte im Hause ein zweiter, wo möglich noch heftigerer Schlag, so daß ich erschrocken aufsprang und die Stubenthür aufriß, welche sich am Ende eines kurzen und schmalen Ganges befindet, der auf den drei und einen halben Meter im Quadrat großen und drei Meter hohen, mit Holz gedielten Flur mündet, von dem eine Steintreppe nach unten und eine Holztreppe nach den Bodenräumen führt. Da erblickte ich gerade vor mir, in der Mitte des Flures schwebend, $1\frac{1}{2}$ Meter über dem Fußboden eine runde Flamme von röthlichgelber Farbe, welche bald mit einer kleinen Explosion erlosch; es knallte wie ein schwaches Kupferhütchen. Die Thür des Amtes, sowie die Hausthür waren geschlossen. Die sofort ausgeführte Revision der Apparate ergab, daß verschiedene Schmelzungen an den Einführungsdrähten und an den Riefen, sowie dem Stöpsel des Blitzableiters stattgefunden hatten.

Die Kugelblitze in Hermsdorf und in Agnetendorf haben sich also in vollkommen abgeschlossenen Räumen gebildet.

Eine Feuerkugel ist ferner am 1. Juli 1886 an der Telegraphenleitung gesehen worden, welche von der Koppe nach Großaupa herabführt. Postvorsteher Grumbach in Großaupa schrieb darüber folgendes: Am Nachmittage des 1. Juli war von einem Gewitter gar nichts zu merken, und ich hatte deshalb auch nicht die Leitung ausgeschaltet. Plötzlich erschreckte uns ein fürchterlicher Knall, während wir das Feuer im Bureau nur so herumfliegen sahen. Bald kamen auch zwei Fremde, welche der Posterpedition gegenüber in einem Sommerhause gesessen hatten, zu uns herein und erzählten, daß an der Leitung entlang von der Koppe herab eine Feuerkugel gekommen und an dem Steingesimse der Hausthüre verschwunden sei. Auch Arbeiter, die vor dem Nachbarhause beschäftigt waren, hatten diese Feuerkugel gesehen. Den Telegraphenapparaten war nichts passirt, und nur der von Marschendorf kommende Leitungsdraht zeigte sich durchgebrannt. Gleichzeitig erfolgte ein ähnlicher Schlag im Telegraphenamte zu Krummhübel. Offenbar stehen diese Schläge sowie die Feuerkugel in nächster Beziehung zu dem Blitzschlage, welcher zu derselben Zeit die Koppe traf.

II.

Die phyſikaliſche Natur des Blitzes.

Der Blitz iſt ein elektriſcher Funke. In welcher Weiſe und zu welcher Zeit dieſe Thatſache — denn eine ſolche und nicht eine Hypotheſe iſt dies — feſtgeſtellt wurde, ergab ſich bereits in einem vorhergehenden Abſchnitte (II. Abth., Cap. IV) Gelegenheit, eingehender zu erörtern. Der Blitz wird daher alle jene Erſcheinungen darbieten und alle jene Wirkungen hervorrufen können, welche in der allgemeinen Einleitung (Abth. I) bezüglich der Entſtehung und der Wirkungen des Entladungsſtromes erörtert wurden. Abgeſehen von dem Umſtande, daß wir derzeit das Weſen der Elektricität ſelbſt noch nicht erkannt haben, wäre ſomit bezüglich der phyſikaliſchen Natur des Blitzes nichts mehr beizufügen, wenn nicht bei der künſtlichen Erregung elektriſcher Zuſtände verhältnißmäßig geringe, bei den Erſcheinungen der atmoſphäriſchen Elektricität aber zuweilen ganz enorme Kräfte zur Geltung kommen würden, ſo daß dann eben dieſes Mißverhältniß zwiſchen unſeren Experimenten und den überwältigend großen Naturerſcheinungen, trotzdem in beiden Fällen dieſelbe Naturkraft zur Wirkſamkeit gelangt, Urſache verſchiedener Reſultate werden kann. Auch erleiden die Wirkungen dadurch gewiſſe Modificationen, daß die Erſcheinungen der atmoſphäriſchen Elektricität von anderen Nebenumſtänden begleitet ſind und unter anderen Bedingungen ſtatthaben, als ſolche bei unſeren Experimenten herbeigeführt werden können. Dieſe waren zwar vollkommen ausreichend, die Identität zwiſchen Blitz und elektriſchem Funken nachzuweiſen, laſſen uns aber zuweilen in Stich, wenn gewiſſe Nebenumſtände Erklärung finden ſollen; in dieſen Fällen ſind wir an die Beobachtung und das Studium der Naturerſcheinung ſelbſt gewieſen.

In dieser Richtung wurde aber in den letzten Jahren ein neuer Weg erschlossen, auf welchem schon die ersten Schritte nennenswerte Erfolge gebracht haben und dessen weitere Verfolgung ohne Zweifel wesentlich zur Erweiterung unserer Kenntnisse beitragen wird. Wir meinen hiermit die photographische Aufnahme von Blitzen. Vor wenigen Jahren noch ein Ding der Unmöglichkeit, können gegenwärtig derartige Aufnahmen von jedem Laien nach geringer Einübung bewerkstelligt werden. Dieser hochbedeutsame Fortschritt in der Photographie liegt bekanntlich in der Erfindung der außerordentlich empfindlichen Trockenplatten. Nichts vermag diese wunderbare Empfindlichkeit deutlicher zu illustriren, als die Thatsache, daß selbst das momentane Aufleuchten eines Blitzstrahles genügt, um dessen getreues Bild auf der Platte zu fixiren.

1. Dauer, Länge und Zahl der Blitze.

Welches ist die Zeitdauer eines Blitzes und ist sie überhaupt eine meßbare? Zur Beantwortung dieser Fragen erscheint es zweckmäßig, zunächst nochmals auf das Abbild des Blitzes im kleinen, auf den elektrischen Funken, zurückzugreifen. Entladet man eine Kleist'sche Flasche oder Flaschenbatterie (S. 43 u. f.) durch Herbeiführen eines Entladungsfunkens oder Schlages, so verliert diese hierdurch nicht ihre gesammte Elektricität. Man kann sich davon überzeugen, indem man z. B. den Entladungsschlag durch ein Funkenmikrometer (S. 50) herbeiführt und nach dieser Entladung die Kugeln einander näher bringt. Sind die Kugeln einander ziemlich weit entgegengerückt, so daß aber jetzt ihre Entfernung von einander bedeutend geringer ist, als sie beim ersten Entladungsschlage war, so erhält man einen zweiten Entladungsschlag, ja bei weiterem Zusammenschieben der Kugeln gelingt es nicht selten, sogar noch einen dritten, jedoch abermals bedeutend schwächeren Entladungsschlag zu erhalten. Somit haben wir also die Entladung einer Batterie durch Verbindung ihrer äußeren mit der inneren Belegung nicht als eine momentane aufzufassen, sondern müssen annehmen, daß zur vollständigen Entladung eine gewisse meßbare Zeit erforderlich ist, daß die Batterie nicht schon durch die erste Entladung, sondern erst durch eine Reihe von Theil- oder Partial-Entladungen ihre Elektricität vollständig verliert.

Eingehende Studien dieser Vorgänge ergaben ferner, daß selbst der erste Entladungsschlag, der dem Auge doch als einfacher Funke erscheint, keineswegs eine momentane Ausgleichung beider Elektricitäten darstellt, sondern selbst wieder durch eine Reihe von Partial-Entladungen gebildet wird. Es zeigte sich nämlich, daß der Rückstand, welcher in der Batterie nach dem ersten Ent-

ladungsschlage zurückbleibt, eine verschiedene Größe erlangt, je nach dem Widerstande im Schließungsbogen. Nun hat man aber experimentell nachgewiesen, daß die Schlagweite von der Natur des Schließungsbogens vollkommen unabhängig ist; folglich dürfte auch die Größe des Rückstandes nicht von der Natur des Schließungsbogens abhängen, wenn bei dem Entladungsschlage beide Elektricitäten sich momentan ausgleichen würden. Da jedoch, wie durch vielfache Experimente nachgewiesen wurde, die Größe des Rückstandes thatsächlich von dem Widerstande des Schließungsbogens abhängt, so ist auch der erste Entladungsschlag als eine Reihe von Partial-Entladungen aufzufassen, da nur durch diese Annahme das in Rede stehende Verhalten erklärbar ist.

Die Wirkung des Widerstandes im Schließungsbogen auf die Entladung ist nämlich eine zweifache; die eine besteht darin, daß die Zeit, welche zwischen zwei Partial-Entladungen verstreicht, eine längere wird, wenn der Widerstand wächst; die andere wird ein schnelleres Aufhören der Partial-Entladungen eines Entladungsschlages herbeiführen müssen. Betrachten wir zunächst die erstenerwähnte Wirkung. Die erste Partial-Entladung ist erfolgt und dadurch der Schließungsbogen entladen; eine zweite Partial-Entladung kann nun offenbar erst dann eintreten, wenn durch Nachströmen der Elektricität an der Unterbrechungsstelle des Schließungsbogens die Dichtigkeit der Elektricitäten wieder eine so große geworden ist, daß sie den Widerstand der Luft überwinden kann. Nun ist einleuchtend, daß dieses Nachfließen der Elektricitäten, diese Herstellung der erforderlichen Dichtigkeit um so langsamer erfolgen muß, je größer der Widerstand ist, welchen die nachströmenden Elektricitäten im Schließungsbogen zu überwinden haben. Gegen diese Erklärung könnte eingewendet werden, daß ja nach der ersten Partial-Entladung jedenfalls ein Theil der Batterieladung vernichtet sein muß, daß also an der Unterbrechungsstelle des Schließungsbogens durch Nachfließen der Elektricitäten sich niemals jene Dichtigkeit wieder herstellen könne, welche genügt, um bei der unveränderten Schlagweite eine zweite Partial-Entladung zu ermöglichen. Dieser Einwand wird jedoch dadurch unhaltbar, daß bei jeder Entladung durch eine Luftstrecke die Lufttheilchen mit großer Heftigkeit seitwärts geschleudert werden und daher in der Bahn, welche der erste Funke durchlaufen hat, gewissermaßen ein Canal, gefüllt mit verdünnter Luft, entstehen muß. Nun wissen wir aber, daß die Schlagweite einer Batterie größer wird, wenn die Anzahl der Lufttheilchen, durch welche der Entladungsschlag geht, sich vermindert. Ist daher der Widerstand im Schließungsbogen nicht ein sehr großer, so wird das Nachströmen der Elektricitäten rascher erfolgen, als der Zutritt neuer Lufttheilchen in den Canal mit verdünnter Luft und eine zweite Partial-Entladung wird eintreten müssen. So lange sich also der Widerstand des

Schließungsbogens innerhalb gewisser Grenzen hält, wird daher auch die Zeitdauer zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Partial-Entladungen vergrößert und somit die Dauer der Gesammt-Entladungen des ersten Entladungsschlages verlängert.

Wird jedoch der Widerstand des Schließungsbogens ein bedeutender, so können die eben geschilderten Wirkungen des Widerstandes gerade das entgegengesetzte Endresultat bewirken, und dann haben wir es mit der anderen der früher angegebenen beiden Wirkungen des Widerstandes zu thun. Die Erklärung für diesen Fall ist eigentlich schon in der Erläuterung des ersten Falles gegeben und es bedarf daher nur noch einer übersichtlichen Zusammenfassung. Der zweite Fall setzt also einen großen Widerstand im Schließungsbogen voraus; es wird daher die Zeitdauer, welche zwischen je zwei Partial-Entladungen verstreichen muß, damit die erforderliche Dichtigkeit an der Unterbrechungsstelle des Schließungsbogens wieder hergestellt wird, eine größere werden. Sie wird aber auch weiter wachsen, je mehr Partial-Entladungen eingetreten sind, da mit jeder Entladung die Elektricitätsmenge in der Batterie geringer wird. Dadurch wird aber der die Unterbrechungsstelle umgebenden Luft immer mehr Zeit gelassen, in jenen Canal einzuströmen, in welchem die Luft durch den überschlagenden Funken verdünnt wurde. Nimmt nun die Dichte der Luft in dem Canale schneller zu als das Nachfließen der beiden Elektricitäten erfolgt, so kann keine Partial-Entladung mehr eintreten. Mit anderen Worten heißt dies, je längere Zeiten die Elektricitäten zum Nachströmen brauchen, oder je größer also der Widerstand des Schließungsbogens ist, desto eher müssen die Partial-Entladungen aufhören, desto geringer wird also die Anzahl der Partial-Entladungen. Bei einer gewissen Größe des Widerstandes kann daher die Anzahl der Partial-Entladungen so weit vermindert werden, daß infolge dessen auch die Dauer der Gesammtentladungen eines Entladungsschlages kürzer wird, als bei Einschaltung kleinerer Widerstände in den Schließungsbogen.

Die Zeitdauer eines Entladungsschlages ist daher als eine Wechselwirkung aufzufassen zwischen der Schnelligkeit, mit welcher einerseits die Elektricitäten im Schließungsbogen nachströmen, und andererseits der Zeit, welche den umgebenden Lufttheilchen gelassen wird, um in den durch das Ueberschlagen des Funkens erzeugten luftverdünnten Raum einzutreten. Ueberwiegt die erste Wirkung, so wird durch wachsenden Widerstand im Schließungsbogen die Zeitdauer eines Entladungsschlages verlängert; überwiegt jedoch die zweite Wirkung, nimmt also der Widerstand noch weiter zu, so wird die Dauer des Entladungsschlages verkürzt. Hierbei erfolgt die Verlängerung der Entladungszeit durch zeitliche Auseinanderrückung der Partial-Entladungen, die Ver-

kürzung aber durch Verminderung der Anzahl der Partial-Entladungen bei gleichzeitiger zeitlicher Auseinanderrückung der Partial-Entladungen.

Es erübrigt uns noch, die experimentellen Nachweise für die Richtigkeit obiger Erklärungen beizubringen. Sowohl Feddersen als auch Wheatstone bedienten sich hierzu principiell derselben Methode. Diese besteht in der Anwendung der optischen Analyse des Funkens. Läßt man nämlich vor einem leuchtenden Punkte einen ebenen Spiegel rotiren, so reflectirt dieser das Bild des Punktes in jedem Momente seiner Drehung nach einer anderen Richtung in unser Auge; das Bild des Punktes erscheint daher der Reihe nach auf verschiedenen Stellen der Netzhaut unseres Auges. Da aber jeder Lichteindruck in unserem Auge eine bestimmte Zeit andauert, so müssen bei hinlänglich schneller Rotation des Spiegels die einzelnen Funkenbilder so nahe nebeneinander erscheinen, daß wir sie nicht mehr voneinander getrennt wahrnehmen können, d. h. wir sehen eine Lichtlinie. Der Lichtpunkt im Spiegel verhält sich gerade so, wie eine rasch im Kreise geschwungene glühende Kohle; auch bei letzterer können wir das Kohlenstück nicht mehr in seinen aufeinanderfolgenden Stellungen unterscheiden, sondern erblicken einen feurigen Kreis.

Die beiden obengenannten Forscher ließen nun einen ebenen Spiegel vor dem überschlagenden Funken rotiren und beobachteten die auf diese Art durch den Funken erzeugte Lichtlinie. Es ist leicht einzusehen, daß letztere um so länger erscheinen mußte, je längere Zeit der Funke andauerte, vorausgesetzt, daß hierbei die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels nicht geändert wurde. Die Leuchtdauer des Funkens, oder, was dasselbe ist, die Zeitdauer des Entladungsschlages, ist unter Anwendung einer einfachen Formel aus der Länge der Lichtlinie und aus der Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels leicht zu berechnen. Die in dieser Weise angestellten Experimente zeigten nun in der That die Abhängigkeit der Entladungsdauer von der Größe des im Schließungsbogen vorhandenen Widerstandes in der Art, wie sie oben angegeben wurde.

Der rotirende Spiegel zeigte aber auch, daß ein Entladungsschlag, den man ohne Anwendung der optischen Analyse als einen einzigen Funken sieht, thatsächlich aus einer Reihe rasch aufeinanderfolgender Funken besteht, indem das Spiegelbild des Entladungsfunkens nicht als eine, sondern eine Reihe aufeinanderfolgender Lichtlinien gesehen wird. Somit ist auch die Zusammensetzung eines Entladungsschlages aus einer Reihe von Partial-Entladungen experimentell nachgewiesen.

Feddersen gelangte bei seinen Untersuchungen aber auch zur Wahrnehmung von Entladungsvorgängen, die sich in der obigen Weise nicht erklären lassen. Er fand nämlich, daß bei Herabminderung des Widerstandes im

Schließungsbogen unter eine gewisse Größe die Entladungsdauer nicht mehr ab-, sondern im Gegentheile wieder zunimmt. Feddersen nennt jenen Widerstand, von welchem an die Entladungszeit wieder wächst, den Grenzwiderstand und erklärt diese Entladungsart, welcher er den Namen oscillirende Entladung gab, in nachstehender Weise: Sinkt der Widerstand im Schließungsbogen unterhalb des Grenzwiderstandes, so besteht die Bewegung der Elektricitäten während der Entladung nicht bloß darin, daß sie sich zur Unterbrechungsstelle bewegen und dort ausgleichen, sondern die Bewegung setzt sich eben des geringen Widerstandes wegen noch über die Unterbrechungsstelle hinaus fort, gleichwie ein aus seiner Gleichgewichtslage gebrachtes Pendel nicht sofort wieder in diese zurückkehrt und darin verharrt, sondern darüber hinausschwingt und erst nach einer größeren oder geringeren Anzahl von Schwingungen seine Ruhelage wieder einnimmt. Ein Pendel wird desto länger schwingen, je geringer der Widerstand ist, welchen es bei seiner Bewegung zu überwinden hat; könnte man diesen gleich Null machen, so würde das Pendel gar nie mehr zur Ruhe kommen. In gleicher Weise verhält es sich mit der Bewegung der Elektricitäten; ihre Bewegung gegeneinander wird um so länger andauern, je geringer der Widerstand im Schließungsbogen ist; sie würde immer fortdauern, wenn man einen Schließungsbogen ohne irgend einen Widerstand herstellen könnte. Da aber jeder Leiter dem Durchgange der Elektricität einen Widerstand entgegensetzt, muß die Dauer der Oscillationen eine beschränkte sein. Die Zahl der Oscillationen muß deshalb abnehmen, wenn der Widerstand im Schließungsbogen zunimmt; es treten gar keine Oscillationen ein, wenn der Widerstand über den Grenzwiderstand hinaus wächst, wobei sodann auch der früher schon geschilderte Entladungsvorgang stattfindet.

Die Oscillationen gehen in folgender Weise vor sich: Bei einer positiv geladenen Flasche oder Batterie fließt die positive Elektricität auf die äußere Belegung, die negative auf die innere Belegung und die Flasche ist nach dieser ersten Entladung umgekehrt, also negativ geladen. Das weitere Nachströmen der Elektricitäten wird dann durch die Abstoßung gleichnamiger Elektricitäten verhindert und es tritt eine kurze Bewegungspause ein. Hierauf bewegen sich wieder beide Elektricitäten in der entgegengesetzten Richtung, d. h. die positive strömt auf die innere, die negative auf die äußere Belegung über und es erfolgt die zweite Oscillation oder Entladung u. s. w., bis die Flasche entladen ist. Der Entladungsvorgang ist also in dem jetzt betrachteten Falle ein Hin- und Herströmen der Elektricitäten. Daß diese Oscillationen thatsächlich stattfinden, folgt nicht nur aus theoretischen Untersuchungen, sondern kann auch experimentell nachgewiesen werden.

Aus vorstehenden Erörterungen ist nun wohl auch zu ersehen, daß die Zeitdauer eines elektrischen Entladungsschlages oder eines Funkens keine bestimmte, stets gleichbleibende sein kann. Als Dauer eines Funkens gaben Cazin und Lucas die Näherungsweite 0·000007 bis 0·00009 Secunden an. Wheatstone hat als Dauer des Funkens einer Elektrisirmaschine 0·000001 Secunden und weniger gefunden. Den Blitz als elektrischen Funken betrachtet, müßte man also auch für diesen eine solche außerordentliche kurze Zeitdauer annehmen. Nun scheint aber die Sache wegen der Natur der atmosphärischen Entladung allerdings anders zu liegen. Töpler machte in dem Berichte über seine bereits weiter oben (S. 53) erwähnten Versuche darauf aufmerksam, daß die Blitze ohne Zweifel stark verzögerte Entladungen darstellen, denn sie gehen ja nicht aus einem mit der Fläche einer Flaschenbatterie vergleichbaren Leiter nieder, sondern aus den Wolken; sie sind daher jenen Funken vergleichbar, welche man an einem geladenen Wassergefäß aus der Wasseroberfläche ziehen kann. Nach zahlreichen Beobachtungen von O. N. Rood haben die meisten Blitze eine sehr merkliche Dauer, manchmal bis zu einer Secunde; sie bestehen gewöhnlich, wenn nicht immer aus einer Reihe von Partial-Entladungen, deren Zahl und Stärke sehr verschieden ist. Auch die einzelnen Partial-Entladungen haben manchmal sehr merkliche Dauer, manche bis zu $^1/_{20}$ Secunde, andere freilich höchstens $^1/_{1000}$ Secunde.

Es wurde auch versucht, die Dauer eines Blitzes durch directe Messung zu bestimmen, und gelangte hierbei im Principe nachstehend skizzirte Methode zur Anwendung. Es ist in Bezug auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges eine feststehende Thatsache, daß eine leuchtende Linie dann den Eindruck einer leuchtenden Kreisfläche hervorbringt, wenn sie um einen ihrer Endpunkte so rasch gedreht wird, daß die Dauer eines vollen Umlaufes 0·1 einer Zeitsecunde beträgt. Lassen wir vier solche Linien, welche gegeneinander in Form eines Kreuzes angeordnet sind, rotiren, so wird offenbar der vierte Theil der Zeit für den Umlauf, also 0·4 einer Zeitsecunde genügen, um eine leuchtende Kreisfläche zu erzeugen. An Stelle der leuchtenden Linien können wir uns natürlich auch ein Rad vorstellen, dessen Speichen selbst leuchten oder durch reflectirtes Licht unserem Auge sichtbar gemacht werden. Nehmen wir nun an, ein solches Rad hätte 100 Speichen und werde mit einer derartigen Geschwindigkeit in Rotation versetzt, daß es eine Umdrehung in 0·4 Secunden vollendet. Dann wird offenbar jede Speiche den hundertsten Theil dieser Zeit, also ein Tausendstel Secunde gebrauchen, um aus einer beliebigen ihrer Lagen in diejenige überzugehen, welche in demselben Augenblicke die vorhergehende Speiche einnahm. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß hierbei das Rad dem Auge nicht mehr als Rad, sondern als leuchtende Kreisscheibe erscheinen muß.

Lassen wir nun aber das Rad nicht durch eine ununterbrochen leuchtende Lichtquelle erhellen, sondern nur durch einen Lichtblitz auf einen kurzen Moment, so ist leicht einzusehen, daß es von der Dauer dieser Beleuchtung abhängt, ob wir das Rad als solches, also mit hellen Speichen und dunkeln Zwischenräumen, oder ob wir es als leuchtende Kreisscheibe wahrnehmen werden. Dauert die Beleuchtung des rotirenden Rades ein Tausendstel einer Secunde, so ist zu Ende der Beleuchtung jede Speiche aus der Stelle, welche sie bei Beginn der Beleuchtung eingenommen hat, an die Stellen eingerückt, welche im selben Zeitpunkte von den vorhergehenden Speichen eingenommen worden ist. Das Rad erscheint somit als leuchtende Fläche. Beträgt die Dauer der Beleuchtung nur die halbe Zeit, also ein halbes Tausendstel einer Secunde, so wird auch jede Speiche nur die Hälfte des vorhin angegebenen Weges in dieser Zeit zurücklegen können. Dem Auge müssen daher diese halbdurchlaufenen Wege der Speichen hell erscheinen oder mit anderen Worten, das Auge erblickt eine Kreisfläche, gebildet aus 100 gleich großen hellen Sectoren und dazwischen liegenden ebenso großen dunkeln Sectoren. Ist die Dauer der Beleuchtung eine unendlich kurze, so legen die Speichen in dieser Zeit natürlich gar keinen Weg zurück, das Licht trifft die Speichen nur in einem einzigen Momente und daher können die Speichen auch nur in diesem einzigen Momente und nur in der diesem entsprechenden Lage in unserem Auge ein Bild erzeugen. Das Auge muß daher das Rad in seiner wahren Form und als ob es stille stehen würde, erblicken.

Um nun die Dauer eines Blitzes zu messen, stellt man ein derartiges Rad im dunkeln Raume auf, so daß es durch den Blitz beleuchtet und dies durch das Auge beobachtet werden kann, und versetzt es in Rotation. Hat der Blitz nur eine unendlich kurze Zeit gedauert, so muß also das Rad in seiner wahren Form mit den hundert Speichen dem Auge als stillstehend erscheinen. War die Dauer des Blitzes ein Tausendstel einer Secunde, so muß das Rad den Eindruck einer beleuchteten Kreisfläche hervorgebracht haben. Betrug die Dauer des Blitzes die Hälfte, das Drittel, Viertel u. s. w. des Tausendstels einer Secunde, so wird die Kreisscheibe beleuchtete Sectoren zeigen, deren Breite gleich sein wird der Hälfte, dem Drittel, Viertel u. s. w. der Entfernung einer Speiche von der anderen und deren dazwischen liegende dunkle Sectoren den übrig bleibenden Raum der Kreisfläche, also die Hälfte, zwei Drittel, drei Viertel u. s. w., des zwischen zwei Speichen liegenden Raumes einnehmen werden.

Auf Grund solcher Versuche glaubte nun Arago die Dauer der glänzendsten und ausgedehntesten Blitze der ersten und zweiten Classe, selbst wenn ihr Feuer sich über den ganzen sichtbaren Horizont auszubreiten scheint, noch geringer als ein Tausendstel einer Zeitsecunde annehmen zu sollen.

Was die Länge der Blitzstrahlen anbelangt, so ist dieselbe naturgemäß eine sehr variable und wird natürlich auch sehr verschieden angegeben. De l'Isle hat die Länge der Blitze auf Grundlage der Dauer des Donners zu schätzen versucht. Nimmt man nämlich an, daß das Rollen des Donners entsteht, indem der Schall, welcher durch den Blitz auf den verschiedenen Punkten seiner Bahn hervorgerufen wird, auch verschiedene Entfernungen bis zum Beobachter zu durchlaufen hat, so wird die Dauer des Rollens jenem Zeitunterschiede entsprechen, welcher zwischen der Fortpflanzung des Donners von dem nächsten Punkte der Blitzbahn bis zum Beobachter und der Fortpflanzung von dem entferntesten Punkte der Blitzbahn bis zum Beobachter besteht. Diese Zeitdifferenz entspricht der Wegdifferenz zwischen den Entfernungen, welche der Schall vom entferntesten und vom nächsten Punkte bis zum Beobachter zurückzulegen hat; die Länge dieses Stückes selbst erhält man in Metern durch Multiplication der Secunden Zeitdifferenz mit 333, da der Schall in einer Secunde bekanntlich 333 Meter zurücklegt. Denkt man sich den nächsten und entferntesten Punkt der Blitzbahn durch Linien mit dem Beobachter verbunden, so bilden diese Linien mit dem Blitze selbst ein Dreieck und die besprochene Differenz ist die Längendifferenz zweier Dreieckseiten. Da diese stets kleiner sein muß, als die dritte Seite, also in unserem Falle die Länge des Blitzes, so stellt uns die so bestimmte Wegdifferenz die untere Grenze für die Länge des beobachteten Blitzes dar. Allerdings gilt aber auch dies nur unter der Voraussetzung, daß beim Rollen des Donners das Echo nicht mitwirkt und daß der Blitz in seiner Bahn keine wechselnden Richtungen verfolgt. (Vergl. S. 224.)

De l'Isle hat zu Paris Donner beobachtet, deren Rollen 39, 41 und 45 Secunden dauerte; dies ergibt als untere Grenze für die Länge der Blitze 12.987, 13.653 und 14.985 Meter, also Längen von mindestens $1^3/_4$ bis 2 Meilen. Wie Arago mittheilt, hat Petit in Toulouse Blitze gesehen, deren Längen 54.000 Fuß erreichten, Weißenborn in der Nähe von Weinmar die Länge eines Blitzes trigonometrisch zu 27.650 Fuß bestimmt; d'Abbadie hatte in Aethiopien Gelegenheit, die absolute Länge der Blitze geometrisch zu bestimmen und fand für deren Länge 6762 Meter.

Es hat sich weiter oben (S. 230 u. f.) Gelegenheit ergeben, auf die Schwierigkeit hinzuweisen, auf welche man bei Erklärungsversuchen der oft so raschen Aufeinanderfolge elektrischer Entladungen aus einer und derselben Wolke gestoßen ist. Daselbst wurde auch der wichtigsten Versuche gedacht, die zur Erklärung der raschen Erneuerung der Wolkenladung nach jedem Blitzschlage unternommen wurden; eine vollkommen befriedigende Lösung dieser Frage ist jedoch bis nunzu nicht gelungen. Die angegebenen Erklärungen

reichen umsoweniger aus, wenn man sich Angaben über die Zahl von Blitzen, die während eines Gewitters oder aus einer Wolke beobachtet wurden, vor Augen hält, wie sie von Arago beziehungsweise d'Abbadie, Rouyer u. A. mitgetheilt wurden. Rouyer berichtete diesbezüglich über ein zu Laigle (Orne) am 6. August 1880 beobachtetes Gewitter. Hierbei erschienen die Entladungen gewissermaßen continuirlich zu erfolgen. Während $1^1/_2$ Stunden wurden 4700 Blitze, d. i. circa 52 per Minute gezählt; in gewissen Augenblicken erfolgten aber 100 per Minute, sogar drei per Secunde. Auch Colladon hat während eines Gewitters zwei bis drei Blitze per Secunde beobachtet.

In dem weiter oben (S. 446) erwähnten Berichte Reimann's aus Hirschberg in Schlesien über das Gewitter vom 29. April 1886 heißt es bezüglich der Zahl der Blitze: Die Blitze waren so zahlreich, daß sich, wie ein Primaner gesehen hat, ein horizontaler und ein gleichzeitiger verticaler auf dieselbe Himmelsgegend projicirten und ein Kreuz bildeten.

Mit Rücksicht darauf, daß der Zitterrochen (Torpedo) durch fast augenblickliche Erneuerung seiner Ladung in rascher Aufeinanderfolge gleich starke Schläge ertheilen kann, hat d'Abbadie Wolken, die ein ähnliches Verhalten zeigen, Torpedowolken genannt. Als Beispiel einer Torpedowolke ist bei Arago eine Beobachtung vom 2. April 1846 angeführt. An diesem Tage hielt sich die Gewitterwolke in dem unveränderlichen Abstande von 30—40 Grade vom Zenith; die Zwischenzeit zwischen Blitz und Donner war immer genau dieselbe und betrug 21 Secunden. Die Entladung wiederholte sich achtmal binnen acht Minuten. In einem zweiten, vom Verfasser angeführten Falle, welcher dem 16. Mai 1846 entspricht, beobachtete man neun Secunden Zwischenzeit, nicht mehr, noch weniger, zwischen Blitz und Donner, und dies dreißigmal in einem Zeitraume von ungefähr 20 Minuten.

2. Die Blitzphotographien.

Kehren wir nun zu den eingangs dieses Capitels erwähnten photographischen Aufnahmen von Blitzen zurück. Ermöglicht wurden dieselben durch die von Dr. Maddox im Jahre 1871 erfundene außerordentlich lichtempfindliche Bromsilber-Gelatine. Die Aufnahme von Blitzen kann natürlich nur zur Nachtzeit erfolgen, ist dann aber auch, wie bereits oben erwähnt, äußerst einfach. Der Apparat wird so aufgestellt, daß sein Objectiv gegen jene Stelle des Himmels gerichtet ist, an welcher das Gewitter sich befindet und hierauf die Camera auf Unendlich eingestellt. Jeder Blitz, der auf der genannten Stelle des Himmels sichtbar wird, zeichnet dann sein Bild auf die photographische Platte.

Fig. 136.

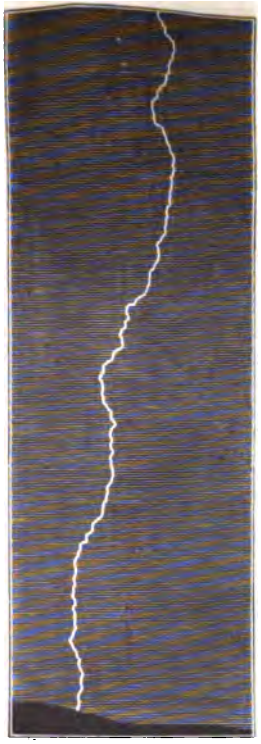
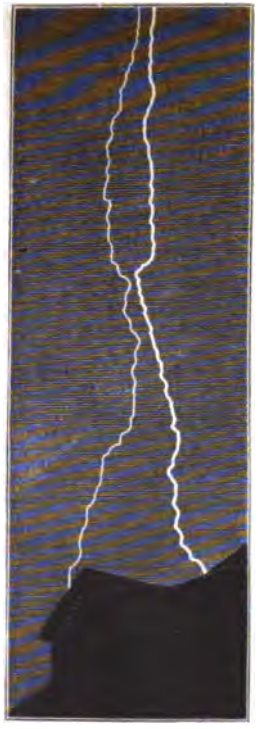


Fig. 137.



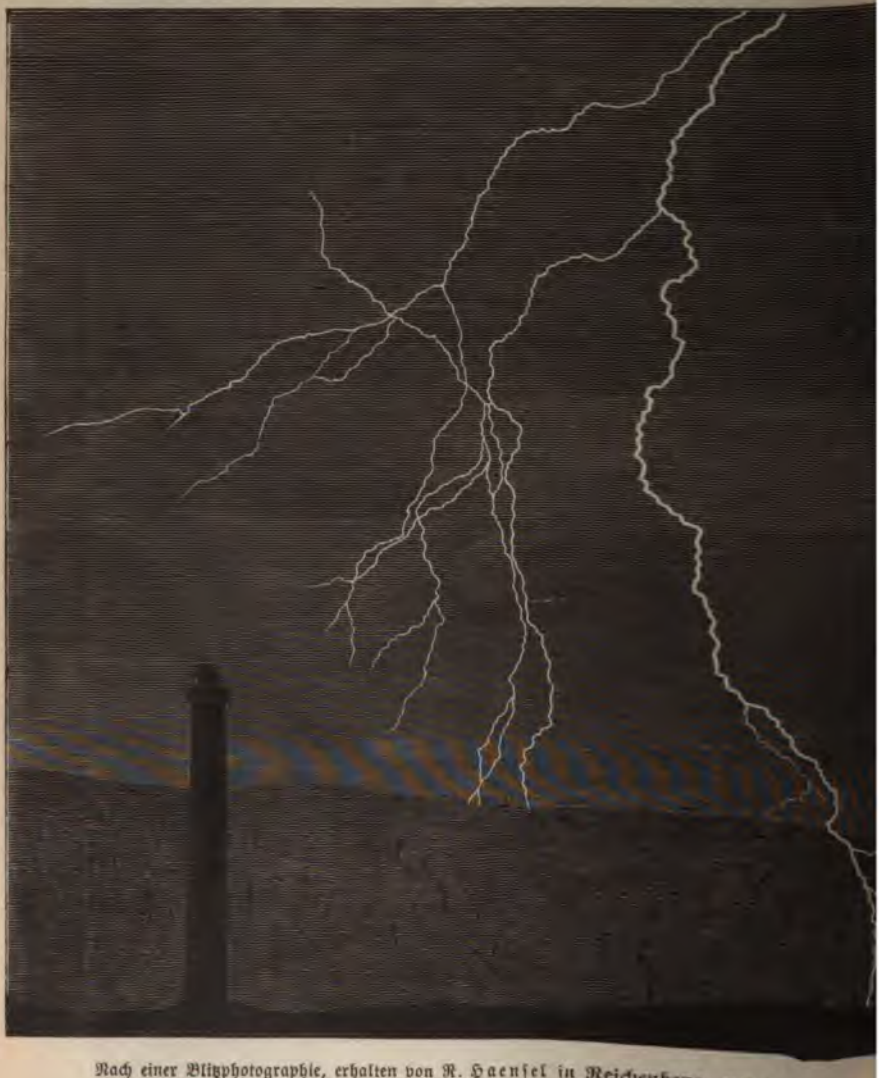
Blitzphotographien nach R. Haenfel.

Fig. 138.

Blitzphotographie nach R. Haenfel.

Die ersten öffentlich bekannt gewordenen Blitzphotographien wurden vo
R. Haensel in Reichenberg während eines Gewitters am 6. Juli 188

Fig. 139.

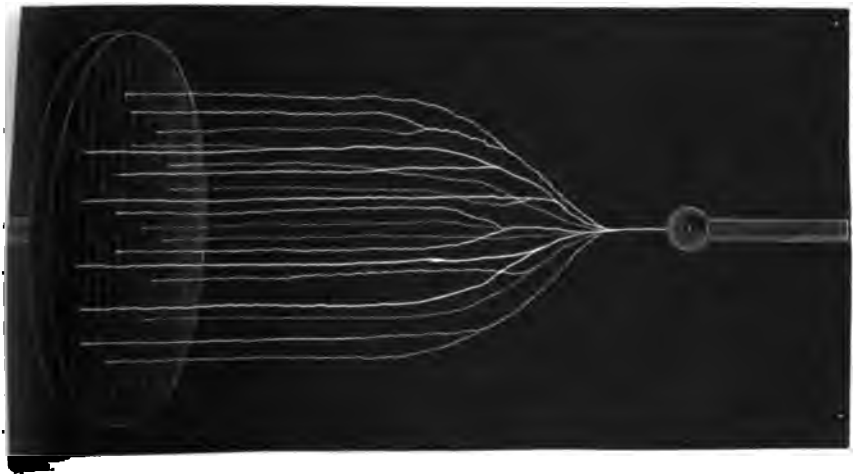


Nach einer Blitzphotographie, erhalten von R. Haensel in Reichenberg, am 6. Juli 1883.

erzeugt und im selben Jahre auf der internationalen elektrischen Ausstellu
in Wien zur allgemeinen Ansicht gebracht. Haensel bewerkstelligte seine Au

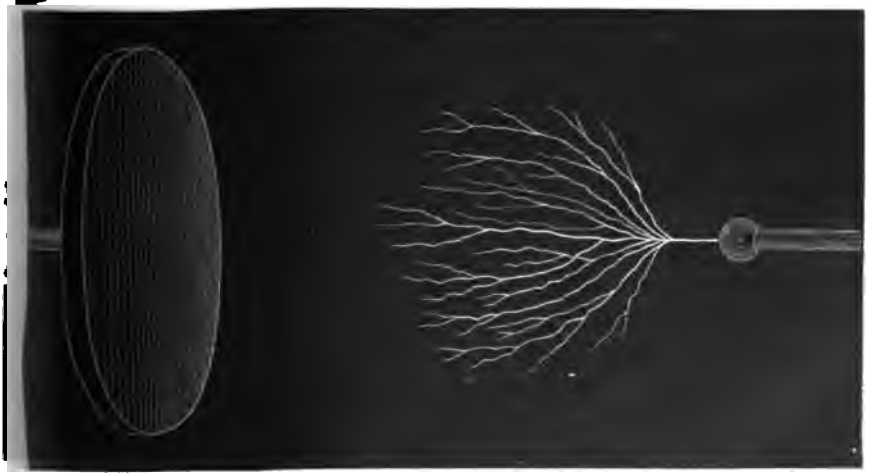
nahmen mit Hilfe eines Steinheil'schen Aplanaten in der Zeit zwischen 10 und 11 Uhr Abends, als es bereits vollkommen dunkel war. Durch Wieder-

Fig. 140.



Holtz, positives Büschel.

Fig. 141.



Holtz, positives Büschel.

holung derselben Apparatenstellung am Tage gelang es ihm, die Entfernung der fixirten Blitze auf ungefähr 1700 Meter zu schätzen. Die zehn Platten,

welche exponirt wurden, gaben die in den Figuren 136—139 wiedergegebenen Bilder. Figur 136 zeigt einen einfachen Blitzstrahl, Figur 137 einen doppelten Blitz, dessen ungleich helle Strahlen annähernd parallel verlaufen. Figur 138 zeigt zwei- und zum Theile dreitheilige Blitze und endlich Figur 139 einen äußerst kräftigen büschelförmig verzweigten Blitz.

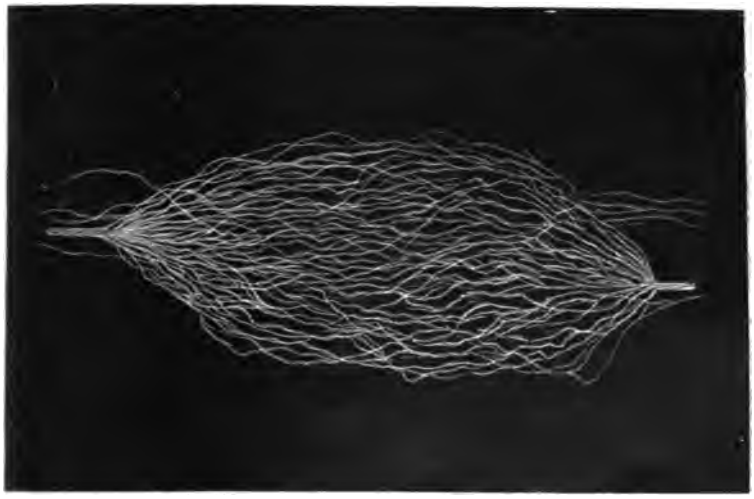
Es bedarf wohl kaum des Hinweises, daß diese wie auch andere Photographien keine Aehnlichkeit haben mit jenen starren Winkelhaken, durch welche Zeichner und Maler den Blitz stets darzustellen belieben, obwohl sie selbst ihn ja nie in dieser Gestalt erblickt haben können. Nicht zu leugnen ist jedoch die zwischen dem Blitze und dem elektrischen Funken bestehende Verwandtschaft, trotz der so sehr verschiedenen Kräfte, die dort und hier zur Wirksamkeit gelangen. Um dies einzusehen, genügt die oberflächlichste Vergleichung dieser und der folgenden Blitzabbildungen mit den Funkenbildern in Figur 44 (S. 69), Figur 45 (S. 71) und Figur 54 (S. 83), sowie auch mit den Funkenbildern in den Figuren 140, 141 und 142.

Die Figuren 140 und 141 sind Abbildungen solcher Funken, deren Form W. Holtz in Uppenborn's Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre zur Darstellung gebracht und als typische bezeichnet hat. Es sind dies einseitige Büschel, d. h. aus zahlreichen Lichtfäden zusammengesetzte Erscheinungen, welche durch Influenzmaschinen hervorgerufen und nur im Dunkeln sichtbar werden. Sie haften nur an einer Elektrode der Influenzmaschine, oder wenn sie an beiden haften, so sind sie doch nur nach einer Richtung hin kegelförmig entwickelt und werden als positive bezeichnet, wenn sie an der positiven Elektrode haften oder mit der Spitze des Kegels aufruhen; die negative Elektrode ist hierbei zur Erde abgeleitet. Form und Farbe der Lichtbüschel sind verschieden, je nachdem sie durch positive oder negative Elektricität hervorgerufen werden und insbesondere je nach dem Medium, in welchem sie sich entwickeln.

Unsere beiden Abbildungen beziehen sich auf positive Büschel in gewöhnlicher Luft. Figur 140 zeigt ein großes positives Büschel mit langem Stiel und langen divergirenden Aesten, welche krumm und ihrerseits wieder in weitere Aeste gespalten sind. Diese baumartige krumme und wiederholte Verästlung ist nach Holtz charakteristisch der Wirkung der Kugelelektrode; der weitere Verlauf der Aeste und die einem Pabsthute ähnliche Gestaltung des Ganzen ist jedoch mehr der Effect der Hohlscheibe und des Umstandes, daß diese nicht abgeleitet ist. In Figur 141 ist bei sonst unveränderten Verhältnissen die Scheibe abgeleitet. Das Büschel gleicht seiner Gestalt nach ganz einem Baume, der aber zeitweise ganz auslöscht, während Glimmlicht die andere Kugelfläche überzieht.

Figur 142 ist die Wiedergabe einer von Dr. Stein ausgeführten photographischen Aufnahme des elektrischen Funkens einer Influenzmaschine. Die beiden Elektroden der Maschine waren hierbei 10 Centimeter von einander entfernt. Die Figur zeigt die photographische Abbildung von 60 binnen 10 Secunden übergesprungenen Funken. Bei der Aufnahme wurde die Camera derart eingestellt, daß die Länge des Funkenbildes der wirklichen Entfernung beider Elektroden von einander entsprach, also der Funkenweg in seiner natürlichen Ausdehnung sich abbilden mußte. Unverkennbar ist die Aehnlichkeit

Fig. 142.



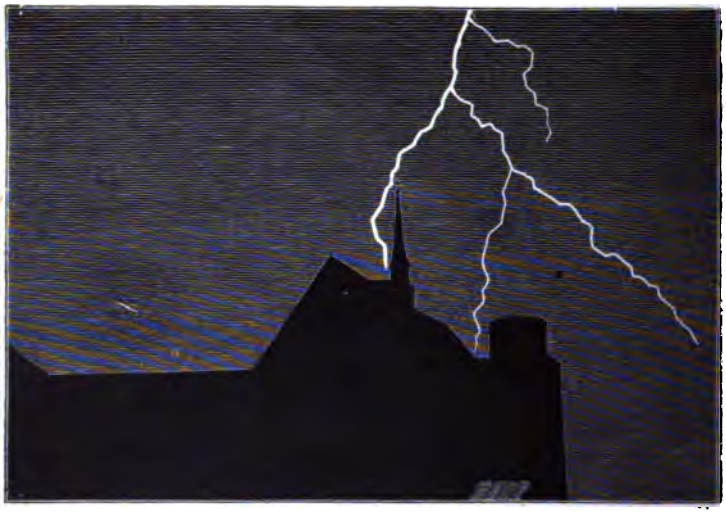
Stein, Funken einer Influenzmaschine.

zwischen dem Verlaufe dieser Funkenbahnen und den Photographien der Blitze.

Sehr schöne Blitzaufnahmen wurden auch von Selinger in Olmütz hergestellt und von O. Volkmer im Organ der (österreichischen) militärwissenschaftlichen Vereine veröffentlicht. Dieser Zeitschrift sind auch nachstehende Angaben über die beiden Figuren 143 und 144 entnommen:

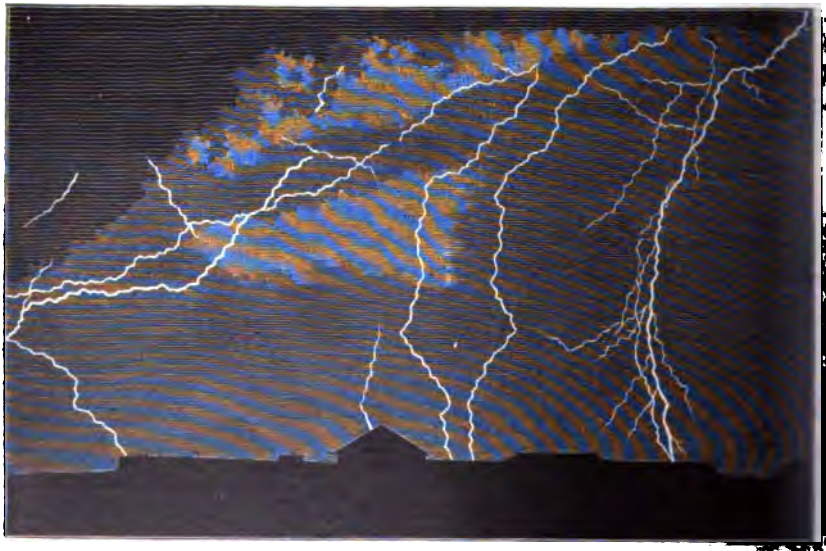
Die Aufnahmen stammen aus dem Sommer 1886. Nach Mittheilungen Selinger's war der Ausgangspunkt des Blitzstrahles, wie denselben die Figur 143 zeigt, beinahe senkrecht über der Camera, und der Ort, wo der Blitzstrahl eingeschlagen hatte, bei 120 Schritte vom Standpunkte der Camera entfernt. Der Blitzstrahl hatte in den Parkanlagen, welche um Olmütz am ehemaligen Glacis vorhanden sind, einen Baum getroffen und zersplittert. Die

Fig. 143.



Blitzphotographie nach Selinger.

Fig. 144.

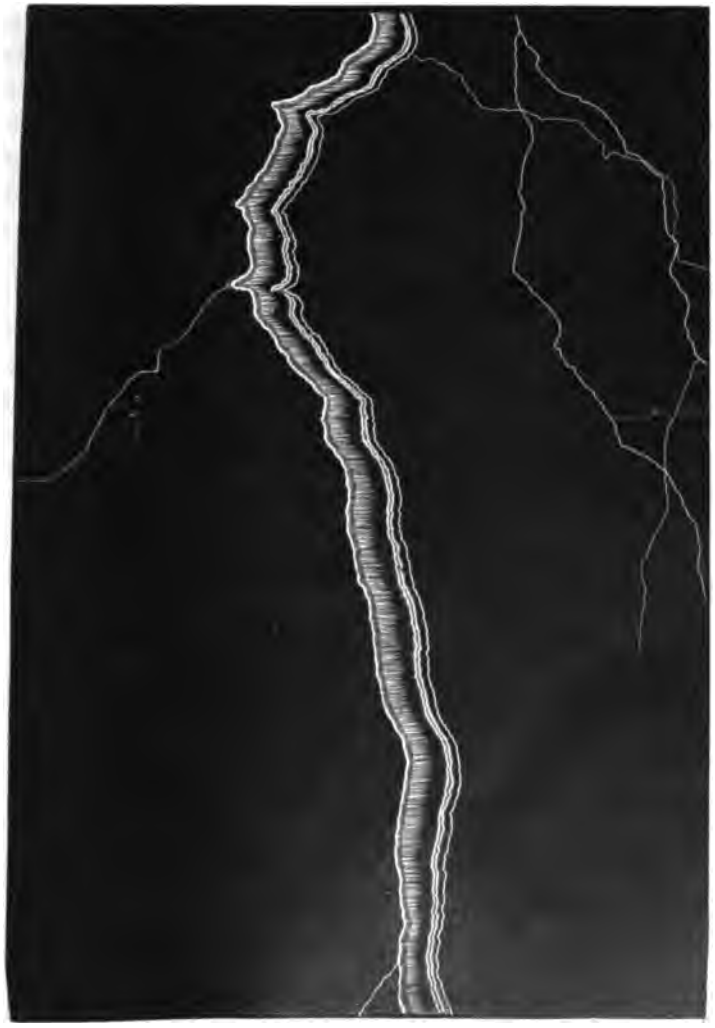


Blitzphotographie nach Selinger.

im Bilde sichtbare Silhouette der St. Mauritius-Kirche ist von der Camera etwa 200 Schritte entfernt und die große Schärfe des Bildes ist hauptsächlich

dem Umstande zuzuschreiben, daß gerade während des Niederganges des Blitzstrahles kein Regen fiel, die Luft somit sehr durchsichtig war, der Lichteffect

Fig. 146.



Vergrößerte Blitzphotographie (H. Kayser).

daher klar und scharf zum Ausdrucke gelangen konnte. Vom Hauptblitzstrahle zweigen sich auch hier mehrere dünne Aeste ab.

Gewiß sehr interessant ist auch das zweite hier wiedergegebene Bild Selinger's (Fig. 144), welches mehrfache Blitze enthält, von welchen sich namentlich zwei durch besondere Schärfe auszeichnen.

Die Figuren 145 und 146 endlich sind Photographien nachgebildet, welche H. Kayser bei einem sehr starken Abendgewitter im Juli 1884 in Berlin erhalten hat. Das auffallende Aussehen des mächtigsten Blitzstrahles regte Kayser zu einer eingehenden Untersuchung an, deren Resultate der Berliner Akademie mitgetheilt wurden. Zunächst ist zu bemerken, daß auch Kayser bei seinen Blitzphotographien wieder die vielfache Verzweigung und Verästelung des Blitzes beobachtet hat. »Der Blitz sieht aus wie die Karte eines Flußsystems, wo zahlreiche Bäche und Nebenflüsse zusammenströmen, um schließlich einen Hauptstamm zu bilden, von welchem man wohl ein bestimmtes Ende, aber keinen solchen Anfang erkennt; nur durchläuft der Blitz den Weg umgekehrt wie der Fluß.«

Doch nicht diese bereits bekannte Beschaffenheit des Blitzes bildet das Interessante an Kayser's photographischen Aufnahmen, sondern eine andere höchst merkwürdige Erscheinung. »Es war am 16. Juli gegen 10 Uhr Abends, als der stärkste Blitz des Gewitters erfolgte, dem sehr schnell, etwa nach einer Secunde, ein gewaltiger Donnerschlag folgte. Ungefähr fünf Minuten vorher hatte ich eine Platte exponirt,« erzählt Kayser, »auf welche außer diesem Hauptblitz noch mehrere andere Entladungen gekommen sind. Die Photographie, von welcher eine Nachbildung in Figur 145 beigegeben ist, zeigt folgendes: Der Hauptstrahl besteht nicht aus einer hellen Linie, sondern ist aus vier dicht nebeneinander liegenden Linien gebildet. Man sieht rechts den stärksten Strahl, an den sich nach links ein breiteres helles Band anschließt, welches nachher noch näher zu besprechen sein wird. Dann folgen weiter nach links zwei dicht nebeneinander verlaufende Strahlen; dieselben sind in der Reproduction in einen zusammengeflossen, in der Vergrößerung eines Theiles des Blitzes aber, die in Figur 146 vorliegt, deutlich getrennt zu erkennen. Nach einem etwas größeren Abstande folgt endlich ein vierter Strahl. Alle vier laufen im Wesentlichen parallel durch alle Zacken und Krümmungen fort und weichen nur in kleinen Details von einander ab.«

Zur Erklärung dieser Erscheinung hält Kayser vier Annahmen für zulässig:

1. Die vier Strahlen gehören vier von einander verschiedenen, zu verschiedenen Zeiten zufällig an nahezu derselben Stelle des Himmels erfolgten Entladungen an; 2. die vier Strahlen sind Theilfunken einer und derselben elektrischen Entladung, ähnlich dem Funkenbüschel einer Elektrisirmaschine; 3. die vier Strahlen sind allerdings vier selbständige, aber unmittelbar auf-

einander folgende Entladungen; 4. man hat es bei dem in Rede stehenden Falle mit einer oscillirenden Entladung zu thun. (Vergl. S. 456.)

Die ersten drei Annahmen haben wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Gegen die erste Annahme spricht der ausgeprägte Parallelismus der vier Strahlen, der unverkennbar auf ihre engere Zusammengehörigkeit hinweist. Die zweite Vermuthung ist deshalb nicht aufrecht zu erhalten, weil gleichzeitig überschlagende Funken nicht parallel, sondern der gegenseitigen Abstoßung wegen, divergirend verlaufen, wie dies eben die Figuren 140, 141 und 142 ganz deutlich zeigen. Die dritte Annahme setzt einen fast permanenten, überaus reichlichen Elektricitätszufluß in der Wolke voraus, der die Ladung der Wolke nach jeder Entladung augenblicklich wieder auf die nothwendige Spannung bringt, um eine neuerliche Entladung zu ermöglichen. Daß dies nicht der Fall, der Blitz vielmehr als eine verzögerte Entladung, ähnlich dem aus einer Wasseroberfläche gezogenen Funken, aufzufassen ist, wurde bereits weiter oben (S. 457) erwähnt. Somit verbleibt uns zur Erklärung der Erscheinung nur mehr die vierte Annahme, die der oscillirenden Entladung. In diesem Falle würde der erste Funke auf seinem Wege von der Wolke zur Erde einen Canal erhitzter Luft hinterlassen; der nächste von der Erde zur Wolke gehende Funke würde denselben Canal benützen, der im wesentlichen noch besteht, nur durch den Wind etwas verschoben ist, u. s. w. So würde man von den vier Entladungen vier nebeneinander liegende Bilder erhalten, wenn der Wind senkrecht zur Axe des photographischen Apparates gerichtet ist; das war an jenem Abend, wo er von West nach Ost, im Bilde von rechts nach links wehte, der Fall. Daß derartige oscillirende Entladungen bei Blitzen vorkommen, habe ich, erklärt Kayser, bei stärkeren Gewittern mehrfach beobachtet, man sieht dann den Blitz auf seinem Wege einige Male hin und her fahren; dazu müssen freilich die Oscillationen ziemlich langsame sein, sonst kann sie das Auge nicht einzeln wahrnehmen.

Schon Dove hat die Meinung ausgesprochen, daß der Blitz nicht als ein einfacher, einheitlicher, elektrischer Funke aufzufassen ist, sondern daß er vielmehr eine intermittirende Entladung darzustellen scheine. Dove wurde auf diese Vermuthung durch eine Beobachtung geführt, welche er am 5. Juli 1835 während eines Abendgewitters in Berlin machte. Er ließ nämlich einen mit Flügeln bedeckten Farbenkreisel rotiren und erhielt unter Anwendung einer constanten Lichtquelle eine bestimmte Mischfarbe. (Die rasch aufeinander folgenden Eindrücke mußten sich im Auge hier ebenso zu einem Gesammtbilde vereinigen, wie die Speichen eines Rades zu einer beleuchteten Scheibe.) (S. 458.) Im dunkeln, von Blitzen erhellten Zimmer beobachtete nun Dove nicht diese Mischfarbe, sondern sah das Flügelkreuz in sehr scharfen Umrissen

sich vom dunkeln Hintergrunde abheben und äußerst rasch hin- und herschwanken. Auf Grund dieser Beobachtung erklärte er den Blitz als eine Reihe unmittelbar nacheinander entzündeter Funken.

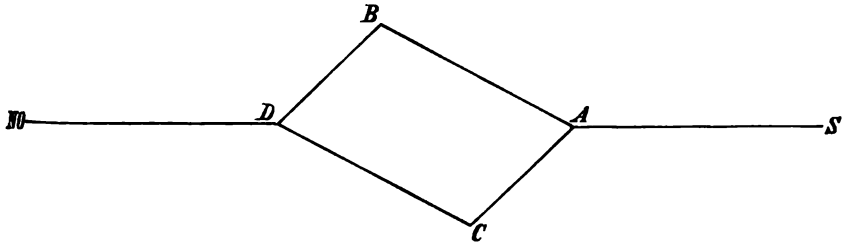
Kayser's Ansicht über die Natur des Blitzes erhielt eine wesentliche Unterstützung durch Beobachtungen, welche von E. Leyst am Observatorium zu Pawlowsk am 21. Mai 1885 gemacht wurden. Nachstehende Angaben sind einer Mittheilung entlehnt, welche E. Leyst diesbezüglich an F. Uppenborn sandte.

Nachdem am Nachmittage des genannten Tages, heißt es in diesem Berichte, die für diese Jahreszeit hier außergewöhnliche Hitze 26·2 Grad erreicht hatte, zogen aus Südosten um 6 Uhr Nachmittags Gewitterwolken herauf, denen eine halbe Stunde später ein Südoststurm folgte, der in der Südostecke des zum Observatorium gehörigen Parkes auf einer kleinen Fläche neun große Bäume entwurzelte. Um 6 Uhr 40 Minuten Nachmittags begann das Gewitter im Südosten mit einem fernen Blitz, dem nach fünf Minuten ein anderer im Osten folgte. Mit dem dritten Blitz um 6 Uhr 48 Minuten fielen einzelne Regentropfen und Hagelkörner. Der vierte Blitz wurde um 6 Uhr 50 Minuten schon in einer Nähe von 2·7 Kilometer beobachtet. Die drei letzten Blitze zeichneten sich, wie auch alle nachfolgenden, durch starke Verästelung aus, wobei die Strahlen sich in mehrfache gleich intensive Zweige theilten. Besonders merkwürdig war der fünfte Blitz, der um 6 Uhr 52 Minuten im Süden in einer Höhe von beiläufig 30 Grad aufleuchtete, in gleicher Höhe etwa 50 Grad nach Nordosten weiterging und sich dann in der ostsüdöstlichen Himmelsgegend im Punkte A der Figur 147 in zwei Theile zerlegte. Die beiden Theile, beide von gleicher Helligkeit, liefen unter einem spitzen Winkel von beiläufig 75 Grad auseinander, der eine Arm nahm seinen Weg nach oben, der andere nach unten; nachdem sie sich aber um beiläufig 35 Grade von einander entfernt hatten, kehrten beide unter einem stumpfen Winkel von etwa 105 Graden um und vereinigten sich im Osten im Punkte D der Zeichnung, um als einfacher Strahl wieder in derselben Höhe von beiläufig 30 Graden nach Nordosten weiterzugehen. Das ganze Bild bot in der Mitte ein Rhomboïd dar und Leyst sah die Strahlen einzeln von A nach B und von A nach C verlaufen, in diesen Punkten umkehren und in D sich wieder vereinigen. Infolge der großen Geschwindigkeit des Strahles sah man einen Moment das ganze Rhomboïd ABDC als geschlossene Figur und dabei fiel es auf, daß die Figur keine Raute war, sondern die obere Ecke B weiter nach Nordosten lag als die untere C. Das auffallende war das, und dies gerade bestätigt die vierte Annahme Kayser's, daß derselbe Strahl im Nordosten, etwa 50 Grade vom Punkte D, umkehrte, sich in gleicher Helligkeit

rückwärts fortpflanzend, im Punkte D sich abermals theilte, genau dieselbe Figur DBAC bildete, wo wiederum die Ecke B weiter nach Nordosten zu liegen kam als der Punkt C, und nachdem sich beide Strahlen im Punkte A vereinigt hatten, ging der Strahl nach S weiter, ohne an Helligkeit merklich abzunehmen. Dort kehrte er wieder um, theilte sich auch wieder in A in derselben Weise wie vorher, aber die Strahlen verschwanden, ehe das Rhomboid zum dritten Male zustande kam.

Diese Beobachtung bestätigt also die oscillirende Fortpflanzung des Blitzstrahles vollkommen und setzt die vierte Annahme Kayser's außer Zweifel, indem der Strahl in dem bereits erhitzten Luftcanal, den er sich auf seinem ersten Wege geschaffen, wiederkehrt und unter Umständen mehrere Male dieselbe Bahn durchlaufen kann. Das von Leyst zweimal vollkommen ausgebildet wahrgenommene Rhomboid weist auch darauf hin, daß der Strahl dieselbe

Fig. 147.



Bahn mit denselben Krümmungen beibehält, so daß dadurch der Parallelismus der photographisch aufgenommenen Blitzstrahlen auch hier vorhanden war. Selbstverständlich war es nicht möglich festzustellen, ob die Bahn genau wieder dieselben Punkte durchlief, was eben nur eine photographische Aufnahme hätte zeigen können.

Nicht vollkommen übereinstimmend mit Kayser's Erklärung scheint jedoch der Umstand zu sein, daß Leyst den rücklaufenden Strahl in derselben Helligkeit beobachtet hat, wie den ursprünglichen; es ist daher nicht wahrscheinlich, daß der Strahl in dem Maße an Helligkeit oder Breite abgenommen hat, wie dies die photographische Aufnahme Kayser's erkennen läßt. Wenn auch die kurze Zeitdauer der ganzen Erscheinung keine genaue Abschätzung zuläßt, so ist doch nicht gut anzunehmen, daß eine Abnahme des Strahles um $^9/_{10}$ bis $^{14}/_{15}$ seiner Breite, wie dies die Photographie zeigt, unbemerkt bleiben könnte.

Leyst hält daher noch eine fünfte Annahme zur Erklärung der von ihm beobachteten Erscheinung für zulässig. Diese würde dahin gehen, daß

gleichzeitig zwei oder mehrere gleichgerichtete Entladungen stattfinden und daß jeder Strahl für sich seinen Weg wieder rückwärts zurückgelegt. Demnach wären in dem von mir beobachteten Falle, meint Leyst, im Punkte S zwei gleichzeitige Entladungen anzunehmen, die so nahe nebeneinander laufen, beziehungsweise deren Bahnprojectionen mir so nahe nebeneinander erschienen, daß ich beide Strahlen für einen sehen und halten mußte, bis sie im Punkte A auf einen größeren Widerstand stießen, wo der eine Strahl den geringsten Widerstand nach oben findend, auch diese Richtung einschlug, während der andere Strahl den geringsten Widerstand nach der unteren Seite hin fand und sich nach der unteren Seite hin abzweigte, früher aber umkehrte als der obere und beide gleichzeitig im Punkte D anlangend, wieder nebeneinander laufend, nach Nordosten weitergingen. Auf dem Rückwege ging jeder Strahl wieder durch denselben Canal erhitzter Luft nach S zurück. Ob diese Strahlen beide gleichzeitig oder unmittelbar nach einander auftraten, ließ sich nicht direct beobachten. Leyst hält es mit Rücksicht auf die meisten Blitzphotographien und mit Rücksicht auf die Funkenentladungen bei Elektrisirmaschinen für wahrscheinlich, daß der Blitz in mehreren Entladungen nach mehreren Seiten hin gegangen ist.

Eine besondere Wolkenbildung in der Gegend, wo das Rhomboïd entstand, wurde weder vorher noch nachher bemerkt, obwohl von dem Momente dieses Blitzes an die betreffende Stelle sehr aufmerksam beobachtet wurde. Die senkrechte Entfernung des Blitzstrahles wird zu 2·7 Kilometer, seine Länge zu 15 Kilometer angegeben.

Auch eine zweite Beobachtung Leyst's läßt im Blitzstrahle eine oscillirende Entladung vermuthen; sie wurde am 24. Mai 1885 gegen Abend gleichfalls vom Observatorium zu Pawlowsk aus gemacht. Eine gelbgraue Gewitterwolke, erzählt Leyst, zog langsam nach Nordwesten; zwischen dieser und einer vorhergegangenen, nach Norden gerichteten dunkelgrauen Wolke waren zahlreiche starke Blitze zu sehen. Nachdem die dunkelgraue Wolke fast ganz und die gelbgraue theilweise hinter den nächsten etwa 100 Meter entfernten Baumspitzen verschwunden war, entfuhr der dunkelgrauen Wolke ein Blitz, der nach Südwest ging und unmittelbar nach dieser Entladung, die meinen Blick schon nach dieser Himmelsgegend gelenkt hatte, leuchtete in der in der Nähe liegenden Südspitze der gelbgrauen Wolke ein heller Blitzstrahl auf, der horizontal nach Nordwesten ging, mir aber in seiner Projection als ein vertical niedergehender Strahl sichtbar war und von den Baumspitzen an gerechnet sich bis auf beiläufig 20 Grad hinauf erstreckte. Ich konnte nur den südöstlichen Theil wahrgenommen haben, während der übrige Theil unter meinem Horizonte lag. Ich sah den Blitz nicht im Zickzack verlaufen, sondern

als ein geschlängeltes Ganzes entstehen und als Ganzes wieder vergehen, hierauf an derselben Stelle abermals und auch noch zum dritten und vierten Male in derselben Weise und in stets gleicher Helligkeit aufleuchten, als Ganzes entstehen und als Ganzes vergehen. Daß ich in diesem Falle keinen laufenden Strahl sehen konnte, lag wahrscheinlich daran, daß die von mir gesehene Strecke zu klein war, um die Fortpflanzung noch wahrnehmen zu lassen. Das Zeitintervall zwischen dem zweiten und dritten Aufleuchten sowohl, als auch zwischen dem dritten und vierten erschien mir größer, als das Intervall zwischen dem ersten und zweiten. Der zweite Strahl erschien unmittelbar nach dem ersten und das Zeitintervall zwischen beiden Entladungen war gleich der Sichtbarkeitsdauer der einzelnen Strahlen, hingegen nach der zweiten und nach der dritten Entladung verging eine merkbare aber immerhin geringe Zeit. Der nachfolgende Donner dauerte über 80 Secunden.

Doch kehren wir nochmals zu Kayser's Photographie und dessen Erklärung für dieselbe zurück; ist diese richtig, so sind auch einige interessante Rechnungen richtig, die Kayser anschließend hieran aufgestellt hat. Die Entfernung des Blitzes von Kayser's Standpunkte kann angenähert zu 350 Meter angenommen werden, kann auch weniger, aber kaum unter 200 Meter betragen haben. Die Brennweite des Objectives seines photographischen Apparates war gleich 0·18 Meter; eine Länge von 1 Millimeter auf der Platte entspricht daher einer Länge von etwa 2·817 Meter in der Natur. Danach betragen die Abstände zwischen den vier Entladungen: 3·08, 0·35 und 0·63 Meter. Diese Abstände sind durch Verschiebung des Canales in der Zeit zwischen je zwei Entladungen entstanden. Die Windgeschwindigkeit während des Blitzes betrug etwa 30 Kilometer per Stunde oder 8·5 Meter per Secunde; der Wind würde daher obige Verschiebung hervorgebracht haben in 0·362 Secunden, 0·041 und 0·074 Secunden, und diese Zeiten würden den Zwischenraum zwischen den Oscillationen angeben. Die ganze Entladung würde nicht eine halbe Secunde gedauert haben, das sind Größenverhältnisse, welche Kayser durchaus nicht für undenkbar hält.

Der Anblick der Photographie läßt jedoch noch andere interessante Eigenheiten erkennen. So weist Kayser darauf hin, daß die vier Blitzstrahlen zusammen sich in einem Canal befinden, der deutlich viel heller ist als die Umgebung, und dessen Ränder am hellsten sind. Wir haben es hier wohl mit einer Erscheinung zu thun, welche der Aureole entspricht. (Vergl. S. 76.) Der helle Rand entsteht durch die cylindrische Gestalt des leuchtenden Raumes. Von den vier Strahlen des Blitzes geht eine ganze Anzahl schwächerer Seitenentladungen aus, die sich zum Theil noch weiter verzweigen. Auf der Platte selbst zählte Kayser 60 Enden solcher zweifellos zum Hauptblitze gehöriger

und von ihm aus sich verzweigender Strahlen; in der Figur konnte natürlich der größte Theil dieser feinen Aeste nicht wiedergegeben werden. Die Länge des ganzen Blitzes betrug etwa 300 Meter, die Breite der Aureole beiläufig 28 Meter.

Schließlich ist noch einer sehr interessanten, bisher aber unaufgeklärten Erscheinung zu gedenken, welche der erste helle Streifen auf der rechten Seite des Blitzstrahles zeigt. Betrachtet man den Streifen unter der Lupe, so läßt sich eine ganz eigenthümliche Structur erkennen; um dieselbe sichtbar zu machen, ist ein Theil des Blitzes in Figur 146 vergrößert dargestellt. Aus dieser ersieht man deutlich, daß das links befindliche Band (rechts und links sind in dieser Figur gegenüber Figur 145 vertauscht) aus hellen horizontalen Schichten besteht, welche durch dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind. Wie dieselben zustande kommen oder wie man sich dieselben zu erklären hat, darüber fehlt gegenwärtig noch jede Vermuthung. Zur Aufhellung dieser Erscheinung, sowie überhaupt zur Erweiterung unserer Kenntnisse bezüglich der physikalischen Natur des Blitzes erscheint es sehr wünschenswert, daß die photographischen Aufnahmen, welche jetzt schon so schöne Resultate ergeben haben, möglichst häufig ausgeführt werden, da auf diesem Wege zweifellos noch mancher Fortschritt zu erreichen ist.

3. Richtung und Zickzackform der Linienblitze.

Noch lange bevor man daran dachte und überhaupt daran denken konnte, das Bild des Blitzes auf photographischem Wege herzustellen, trachtete man auf anderem Wege die Natur des Blitzes zu erschließen. Unter diese Bestrebungen sind auch jene zu rechnen, welche darauf hinausliefen, Richtung und Stärke der elektrischen Entladungen im Blitzstrahle zu untersuchen. Gewiß einer der ersten, wenn nicht der erste, welcher an derartige Forschungen dachte, war der Italiener Marianini.

Bereits im Jahre 1833 construirte sich dieser ein Elektrometer, um mit Hilfe desselben Untersuchungen über galvanische Ströme anzustellen. Hierbei leitete ihn der Gedanke, die Intensität der Ströme durch den Magnetismus zu messen, welchen diese dem Eisen ertheilen, indem er den so erzeugten Magnet hierauf auf eine Bussole wirken ließ und den Ausschlag beobachtete. Diese Methode erwies sich ihm auch für die Untersuchung momentaner Ströme, also z. B. für Entladungsschläge einer Leydenerbatterie als brauchbar. Im Jahre 1843 wies Marianini darauf hin, daß sein Instrument geeignet sei, die Richtung des Blitzes festzustellen.

Das Elektrometer selbst ist in Figur 148 abgebildet. Es besteht aus einer größeren Bussole, die durch drei Stellschrauben horizontal aufgestellt

t kann. Unterhalb der Nadel befindet sich auf einem Carton die Kreis-
ng, welche mit Hilfe eines durch die Fassung der Bussole herausreichenden
s durch Verschieben desselben in einem entsprechenden Schlitze stets so
t werden kann, daß ihr Nullpunkt mit dem Nadelende zusammenfällt.
dem Rande der Bussolenbüchse ist eine verticale Stange befestigt, auf
r einer oder mehrere horizontale, verstellbare Arme angebracht sind.

Fig. 148.

Elektrometer von Marianini.

derselben trägt eine Art Rinne L zur Aufnahme des Solenoides S,
s durch Aufwinden isolirter Drähte auf ein Glasrohr hergestellt ist.
eichnet einen Eisenstab oder besser noch ein Bündel von Eisendrähten.
man durch die Spirale S eine elektrische Entladung, so wird das Eisen
gnetisirt und veranlaßt die Magnetnadel zu einem größeren oder
en Ausschlage nach der einen oder anderen Richtung, je nach der Stärke
ntladung und der Richtung derselben. Um nach erfolgter Beobachtung
Eisen den Magnetismus wieder zu entziehen, muß dasselbe ausgeglüht
n.

Um mit diesem Instrumente die Richtung eines Blitzstrahles festzustellen, schlägt Marianini vor, zwei nicht zu nahe aneinander liegende Punkte eines gewöhnlichen Blitzableiters durch Drähte mit den Enden der Drahtspirale des Elektrometers zu verbinden. Dann wird das Eisendrahtbündel in das Glasrohr eingeschoben und dieses oberhalb der Bussole so festgestellt, daß die Axe des Solenoides und die Längsaxe der Magnetnadel auf einander senkrecht stehen und daß die Mitte des Solenoides vertical oberhalb des Drehungspunktes der Nadel zu stehen kommt. So oft dann der Blitz den Blitzableiter durchläuft, gelangt ein Zweigstrom in die Spirale S und magnetisirt daselbst das Eisendrahtbündel; dieses lenkt die Nadel in dem einen oder anderen Sinne ab, je nachdem das Solenoid in der einen oder anderen Richtung von dem Theilstrome durchflossen wurde, und so zeigt der Nadelausschlag die Richtung an, in welcher der Blitz den Blitzableiter durchlaufen hat, oder mit anderen Worten, ob der Blitz ein aufsteigender oder absteigender gewesen ist. Den Bruchtheil der elektrischen Entladung, welchen man durch das Elektrometer leitet, kann man beliebig klein wählen, indem man die Verbindungsdrähte zwischen der Spirale und dem Blitzableiter an beliebig nahe aneinander befindlichen Punkten des letzteren anschließt.

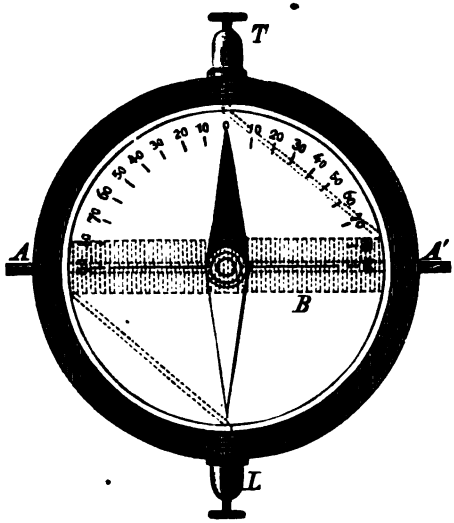
Um aber die Unzukömmlichkeit einer Abschmelzung des Drahtes durch eine starke Entladung gänzlich auszuschließen, schlägt Marianini vor, das Instrument, beziehungsweise das Solenoid desselben gar nicht mit dem Blitzableiter in directe Verbindung zu setzen, sondern die Enden der Spirale durch einen in sich geschlossenen Stromkreis zu vereinigen, welcher ungefähr einen Meter lang neben dem Blitzableiter und parallel zu diesem geführt wird. Jede durch den Blitzableiter stattfindende Entladung muß dann durch Induction (S. 51) auf das Elektrometer wirken, und dieses zeigt dann Ströme an, deren Richtung entgegengesetzt sein muß jener der Ströme, welche durch den Blitzableiter verlaufen. Durch Anwendung dieser Methode und Vergrößerung jenes Theiles des Stromkreises, welcher parallel zum Blitzableiter geht, ist es möglich, den Blitzschlag auf ziemlich große Entfernungen hin anzuzeigen.

Melsens hat Marianini's Methode wieder aufgegriffen und zu vereinfachen gesucht. Das Elektrometer erhielt dabei seine gegenwärtige, in Figur 149 abgebildete Gestalt. Am Boden einer Büchse von beiläufig zehn Centimeter Durchmesser befindet sich die Spirale B, in deren Inneres vollkommen unmagnetische Eisen- oder besser noch Stahlstäbe AA^1 eingeführt werden. Bei L und T befinden sich Klemmschrauben, an welche die Enden der Spirale angeschlossen sind. Oberhalb dieser befindet sich die Magnetnadel, die in der Ruhelage mit der Solenoidaxe einen rechten Winkel einschließt; der Ausschlag der Nadel wird an einer Kreistheilung abgelesen. Bei Anwen-

dung des Instrumentes verbindet Melsens die Klemme L mit dem L ableiter und die Klemme T mit der Erde. Die Richtung der Nadelablen zeigt dann an, ob der Blitz vom Himmel zur Erde oder von dieser Himmel gefahren ist.

Ein solches Instrument wurde z. B. auf dem meteorologischen O vatorium des Mont Ventoux aufgestellt und fungirte daselbst, in die leitung eingeschaltet, zur vollen Zufriedenheit. Seiner Einfachheit und f geringen Preises wegen ist es einer ausgebreiteten Anwendung fähig kann daher z. B. auch bei Telegraphen- und Telephonleitungen in Anwen

Fig. 149.



Elektrometer von Melsens.

kommen. In der That ist dessen Verwendung in Belgien durch die graphen-Direction seit dem Jahre 1875 vorgeschrieben.*)

Was die Form der Blitzbahn anbelangt, so ist dieselbe, wie die Photographien erkennen lassen, in der Regel die Zickzackform; hi will man mit dieser nicht sehr entsprechenden Bezeichnung eine Linien gemeint haben, welche den Flüssen auf unseren Landkarten gleicht. Wie be wiederholt bemerkt wurde, stimmt hierin der Blitz mit dem elektrischen Fu

*) L. Weber hat durch seine Untersuchungen, welche er im Auftrage des Be elektrotechnischen Vereines über Gewittererscheinungen und Blitzschutz im Jahre 1885 führte, dargethan, daß galvanische Messungen angewandt werden können, um di Zeiten eines Gewitters aus Blitzableiterspitzen fließenden Ströme zu messen.

einer Elektrisirmaschine oder anderweitigen Elektricitätsquelle überein. Es drängt sich nun sofort die Frage auf, wie diese mannigfach gewundene Bahn des elektrischen Funkens zu erklären sei. Arago und Kämtz haben diese Frage noch unbeantwortet oder doch zweifelhaft gelassen. Th. du Moncel glaubte jedoch eine ziemlich einfache Erklärung geben zu können. Vielfache und ausgedehnte Versuche, welche er mit Halbleitern durchgeführt hat, führten ihn zu der Ansicht, daß die fragliche Erscheinung durch die Verschiedenheit der Leitungsfähigkeit der verschiedenen Partien der Luft bedingt sei, welche ja stets feste und flüssige, mehr oder weniger leitende, mehr oder weniger zusammengehäufte Theilchen, von verschiedener Temperatur an verschiedenen Stellen enthält. In dieser Art entstehen Zwischenlagerungen halbleitender Körper, welche die Länge des elektrischen Funkens bedeutend vergrößern können, und die Form seiner Bahn bestimmen. Im physikalischen Laboratorium können solche Erscheinungen hervorgerufen werden durch Metall-Feilspäne, durch feine, auf einem Isolator vertheilte Wassertröpfchen, den Goldschnitt eines Buches, durch Kohlenpulver, gewisse chemische Verbindungen, wie z. B. Schwefelquecksilber oder Schwefelpulver u. s. w., wenn man sie zwischen zwei Leiter bringt, welche entgegengesetzte elektrische Ladungen erhalten haben; die Entladung erfolgt dann über diese Körper in Form eines Feuerstreifens; die Entladung schlägt dabei von Theilchen zu Theilchen oder von Theilchengruppe zu Theilchengruppe immer jenen Weg ein, der ihr den geringsten Widerstand bietet und gelangt daher bei willkürlicher, d. h. unregelmäßiger Anordnung der Theilchen zu jener Form der Bahn, welche wir beim Blitze als Zickzackform bezeichnet haben.

Sehr bequem lassen sich derartige Versuche mit einem Rhumkorff'schen Inductorium (S. 75) ausführen, welches continuirlich Ströme hoher Spannung liefert; man bringt die betreffenden Körper, z. B. Kupferfeile, äußerst fein vertheilte Tröpfchen irgend einer Flüssigkeit zwischen die Pole, oder man fährt mit nasser Hand leicht über eine schwach gefirnißte Platte und läßt dann die Entladung über diese gehen. Die dünne Wasserschicht wird durch den Firniß mannigfach zerrissen und zertheilt und man sieht die Entladung sich in mehrere Funkenstrahlen zertheilen, welche mehr oder weniger gut begrenzt erscheinen, mehr oder weniger continuirlich verlaufen, mehr oder weniger gebrochen erscheinen, selbst in der Farbe variiren und mit einem Worte ganz an die Zickzackform des Blitzes gemahnen.

Nicht nur feste und flüssige Körper wirken infolge ihrer verschiedenen Leitungsfähigkeit bestimmend auf die Bahn einer elektrischen Entladung ein, sondern die Luft und erhitzte Gase lassen ähnliche Wirkungen erkennen. Bringt man z. B. die beiden Pole eines Inductoriums in die Nähe einer Kerzen-

flamme, so schlagen die Funken nicht mehr von Pol zu Pol über, sondern sie legen den weiteren Weg über die Kerzenflamme zurück. Bläst man auf die zwischen den Polen eines Inductoriums stattfindende Entladung, so kann bekanntlich Funke und Aureole von einander getrennt werden (S. 76); Verdünnung der Luft übt gleichfalls einen wesentlichen Einfluß auf die Form der Entladung.

Die hier aufgezählten Ursachen, welche bestimmend auf die Art der elektrischen Entladung einwirken, kommen aber auch in der Natur vor und

Fig. 150.

Blitzphotographie nach Mouſſette.

Fig. 151.

Blitzphotographie nach Mouſſette.

bestimmen hier in gleicher Weise die Form der Blitzbahn, wie im physikalischen Laboratorium jene der Funkenbahn. Bei Gewittern werden stets Wasserdämpfe, Wasser in Form von Bläschen und Wassertröpfchen in der Luft vertheilt sein, und ebenso sind Luftströme von verschiedenen Temperaturen mit Gewittern untrennbar verbunden. Hierdurch sind für den Blitz jene Zwischenlagerungen von Halbleitern in die gewöhnliche Luft gegeben, welche einerseits die oft staunenswerten Längen der Blitze begreiflicher erscheinen lassen und andererseits die mannigfachen Krümmungen und Windungen — die Zickzackform — erklären. Soweit Th. du Moncel.

In neuerer Zeit wurde jedoch der Vermuthung Raum gegeben, daß die Zickzackform der Linienblitze nur eine scheinbare, daß deren wahre Gestalt aber eine Schraubenlinie sei; die bedeutende Schnelligkeit des Blitzes mache die Beschreibung dieser Linie unerkennbar oder unverfolgbar für das Auge und dieses erblickt dann nur die zickzackförmige Projection der Blitzbahn. Es bot sich uns bereits weiter oben (S. 393 u. f.) Gelegenheit dar, der Spiralform

der Blitze zu gedenken und mehrere hierher gehörige Beobachtungen anzuführen; im Nachstehenden möge das dort Angegebene seine Ergänzung finden.

In Paris beschäftigt sich Mousſette schon seit mehreren Jahren mit wissenschaftlichen Anwendungen der Photographie; letztere wurde von ihm auch zur Aufnahme von Blitzen benützt. Als Resultat dieser Arbeiten übergab er im Jahre 1886 der Pariser Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung, welche sich auf die Beobachtung zweier Blitze bezieht, deren photographische Aufnahme er auf einer Platte in einem Zeitintervall von wenigen Minuten bewerkstelligt hatte. Mousſette hat, ohne eine allgemeine Theorie aufzustellen, auf die Thatsache hingewiesen, daß die Blitze die Form unregelmäßiger Spiralen zeigen, welche theils rechts, theils links gewunden sind, ja sogar in einem und demselben Blitze beiderlei Windungen zeigen können, wie dies z. B. in Figur 150 zu erkennen ist, welche nach der photographischen Aufnahme eines Blitzes am 2. Mai 1886 gezeichnet wurde. In Figur 151 hingegen erscheint der Blitz als rechtsgewundene Schraube; die Figur ist nach einer photographischen Platte im vergrößerten Maßstabe ausgeführt.*)

4. Mitwirkung materieller Theilchen beim Blitzschlage.

Mousſette vergleicht den Blitzstrahl mit der Bahn einer Rakete, welcher beim Schleudern eine rotirende Bewegung mitgetheilt wurde. Dieser Vergleich wurde gewählt, weil Mousſette in der That geneigt ist, den Blitz als eine materielle Erscheinung aufzufassen, als eine durch den Flug eines Kugelblitzes hervorgerufene Erscheinung, welche durch Planté's Versuche (S. 79 u. f.) ihre experimentelle Nachahmung gefunden hätte.

Nach Mousſette's Annahme wäre der Blitz sonach aus einer geringen Menge Luft und Dampf gebildet, welche sich von der Oberfläche der positiv elektrischen Wolke loslöst, zu einem eigenthümlichen Zustand labilen Gleichgewichtes condensirt und durch Anziehung des negativen Poles an diesen hingerissen wird. Diese Masse erzeugt in ihrem Laufe außer den bekannten mechanischen und Wärmewirkungen eine Lichtwirkung, welche sich auf der Netzhaut des Auges ebenso wie auf der photographischen Platte als ununterbrochene, in ihrer ganzen Ausdehnung als gleichzeitig vorhandene Linie darstellt. Dies ist der gewöhnlich beobachtete Linienblitz. Für die seltenen Fälle, in welchen man den Blitz wirklich als Kugelblitz wahrgenommen hat, würde man dann annehmen müssen, daß die Geschwindigkeit des Blitzes durch die eine oder andere Ursache — wachsenden Widerstand, Wechsel der Polaritäten u. s. w. — verzögert worden sei.

*) La lumière électrique 1887.

Wenngleich gegen eine solche materielle Auffassung des Blitzes mannigfache Zweifel erhoben werden können, so muß doch bemerkt werden, daß Mousſette bei Fortsetzung seiner Arbeiten Bestätigungen seiner Ansicht gefunden zu haben glaubt, und daß, wie auch die endgiltige Entscheidung der Frage ausfallen möge, die diesbezüglichen Arbeiten jedenfalls hohes Interesse verdienen.

Verschiedene Beobachtungen von Kugelblitzen, deren physikalische Natur uns weiter unten noch beschäftigen soll, lassen es nicht ganz unwahrscheinlich erscheinen, daß bei diesen Entladungsformen zuweilen wägbare Materie mit ins Spiel kommt. Hier an dieser Stelle soll aber über einige hochinteressante Beobachtungen aus älterer und aus neuester Zeit berichtet werden, welche gleichfalls auf das Mitwirken materieller Theilchen bei Blitzschlägen hinweisen.

Schon Arago hat in seiner Abhandlung über das Gewitter darauf aufmerksam gemacht, daß zur Erklärung der Kugelblitze die Mitwirkung der Materie angenommen werden könne und beruft sich hierbei auf gewisse Versuche Fusinieri's, sowie auf jene Berichte über Blitzschläge, welche von oft sehr bedeutender Entwicklung von Gasen und Dämpfen erzählen, die an den vom Blitze getroffenen Orten aufgetreten sein sollen. Indem der Blitz durch die Atmosphäre schlägt, sagt Arago, bewirkt er an den getroffenen Punkten eine Verbindung ihrer gasförmigen Bestandtheile (Stickstoff und Sauerstoff) und verwandelt sie in Salpetersäure. (Der Bildung von Ozon hat Arago hierbei nicht gedacht.) Wäre es nicht möglich, daß dieselbe Kraft bisweilen auf einen Augenblick eine gewisse Verbindung unter verschiedenen, in einem bestimmten Luftvolumen zufällig vorhandenen Substanzen veranlassen könnte? Sollte diese Vermuthung (denn als solche spreche ich sie natürlich nur aus) unzulässig erscheinen, so möchte ich daran erinnern, daß Fusinieri seiner Aussage nach beständig metallisches oder in verschiedenem Grade oxydirtes Eisen und Schwefel in den staubförmigen Beschlägen fand, welche die Spalten umgaben, durch welche der Blitz sich eine Oeffnung gebahnt hatte. Sicherlich ohne irgendwie die veralteten Vorstellungen von Donnerkeilen wieder hervorsuchen zu wollen, erwähne ich doch, daß es keineswegs erwiesen ist, daß man alte Erzählungen schlechterdings als erdichtet verwerfen muß, in welchen Blitzschläge mit Herabfallen fester Stoffe in Verbindung gebracht werden. Aus welchen Gründen sollte man folgende, den Schriften Boyle's entnommene Thatsache für unwahr erklären:

Im Juli 1681 richtete der Blitz auf dem englischen Schiffe Albermal, als es sich in der Nähe des Caps Cod befand, starke Zerstörungen an. Nach dem Blitzschlage fiel auf das am Hintertheile des Schiffes aufgehängte Boot

eine bituminöse Masse, welche brannte und dabei einen Geruch, dem des Schießpulvers ähnlich, verbreitete. Diese Materie verzehrte sich daselbst; man hatte vergeblich versucht, sie mit Wasser auszulöschen oder sie mit hölzernen Stangen aus dem Boote zu entfernen.

Wie auffallend diese Beobachtung auch erscheinen mag, so sind wir doch imstande, ihr einen ganz analogen Fall aus jüngster Zeit gegenüberzustellen. Doch vorher noch einige Worte über die früher erwähnten Versuche Fusinieri's. Aus diesen Versuchen hat sich ergeben, daß der von gewöhnlichen Elektrisirmaschinen erhaltene Funke Theilchen jener Metalle mit sich führt, aus welchen die Elektroden bestehen, zwischen welchen der Funke überschlägt. Es handelt sich hierbei um jene mechanische Wirkung des Entladungsstromes, als deren Endresultat wir in einem früheren Abschnitte (S. 63) die Priestley'schen Ringe kennen gelernt haben. Diese wurden nach Priestley von van Marum, Nobili, Matteucci, Grove, Rieß und Peterin eingehend studirt und fanden endlich durch F. Wächter eine endgiltige Erklärung aller ihrer Erscheinungsformen. Die elektrischen Ringfiguren entstehen hiernach durch zweierlei Wirkungen des von einer Metallspitze zu einer Metallplatte übergehenden elektrischen Funkens, deren eine eine mechanische, deren andere eine chemische ist; erstere besteht in dem Losreißen und Mitführen von Metalltheilchen, letztere in der elektrochemischen Zersetzung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes, dessen beide Bestandtheile (Sauerstoff und Wasserstoff) oxydirend auf der positiven, reducirend auf der negativen Platte wirken.

Es unterliegt somit wirklich keinem Zweifel, daß der elektrische Funke wägbare Stoffe mit sich führt. Fusinieri behauptete nun, daß ähnliche Stoffe auch im Blitze enthalten sind. Sie befinden sich dort im Zustande großer Vertheilung, in Glut und Verbrennung. Nach diesem Physiker sind fortgeführte Materien die wahre Ursache des vorübergehenden Geruches, den das Gewitter überall, wo es sich entladet, zurückläßt, wie auch der staubförmigen Ablagerungen, welche rings um die Stellen liegen bleiben, durch welche die elektrische Materie sich einen Weg gebrochen hat. In diesen bisher von den Beobachtern zu sehr vernachlässigten Ablagerungen hat Fusinieri metallisches Eisen, verschieden stark oxydirtes Eisen und Schwefel gefunden. Die auf den Mauern der Häuser zurückgelassenen Flecken könnten, streng genommen, von dem Eisen herrühren, womit der Blitz sich auf Kosten des in jeder Art Mauerwerk vorkommenden Eisens beladen hätte; aber was sollte man von den Schwefelflecken auf denselben Mauern sagen, fragt Arago, und besonders von den Eisenflecken, die man im freien Felde an den vom Blitze getroffenen Bäumen findet? Fusinieri hält sich daher für berechtigt, aus seinen Erfahrungen zu schließen, daß die Atmosphäre in jeder Höhe oder

wenigstens bis zu der Gegend der Gewitterwolken Eisen, Schwefel und andere Materien enthält, in Bezug auf deren Beschaffenheit die chemische Analyse bisher stumm geblieben ist; daß der elektrische Funke dieselben in sich aufnimmt und zur Oberfläche der Erde führt, wo sie sehr dünne Ablagerungen um die vom Blitze getroffenen Stellen bilden.

Wenn nun auch die hier ausgesprochenen Ansichten noch sehr der Bestätigung bedürfen, und wenn auch hier, vorgreifend einer weiter unten folgenden Erörterung, bemerkt werden muß, daß der bei Gewittern auftretende Geruch in allen oder doch in den meisten Fällen in der Erzeugung von Ozon seine sichere und ausreichende Erklärung findet, so dürfte es sich immerhin doch sehr empfehlen, bei Blitzschlägen auch in dieser Richtung hin genaue Nachforschungen anzustellen und etwa aufgefundene Ablagerungen von Substanzen einer sorgfältigen chemischen Analyse zu unterziehen.

Wir wollen nun unsere Aufmerksamkeit jenen beiden Mittheilungen zuwenden, welche Meunier und Trécul im November 1886 an die Pariser Akademie gelangen ließen und welche sich allem Anscheine nach auf ganz ähnliche Fälle beziehen, als wie ein solcher von Boyle (S. 483) erzählt wurde.

Beginnen wir mit der Mittheilung von Stanislas Meunier über eine besondere Substanz, gesammelt nach einer Erscheinung, die als Blitz bezeichnet wurde.

Unter den Proben, welche Maurice Gourdon (aus Luchon, Departement Oberpyrenäen) an mich gelangen ließ, befanden sich solche, welche mir sofort als ganz außergewöhnliche auffielen; sie trugen die gemeinschaftliche Bezeichnung »Fulguriten, Luchon, 28. Juli 1885«, hatten die Form von Tropfen oder durchscheinender, bräunlicher Ueberzüge von blasiger Structur und mit Glasglanz. Aber statt mit dem Stoffe zu wechseln, auf welchem sie abgeschieden wurden, wie dies bei wirklichen Fulguriten als einfachen Schmelzproducten der Fall ist, blieben diese Abscheidungen vollkommen dieselben auf Schiefer, wie auf Kalkstein, ja sogar auf den Baumrinden. Es zeigte sich auf den ersten Blick, daß diese Substanz keine merkliche Erhitzung erlitten hatte und das Staunen wuchs noch, als sich diese Tropfen und Ueberzüge, weit davon entfernt, sich als hartes Glas darzustellen, mit dem Fingernagel ritzen und unter Anwendung sehr schwachen Druckes pulverisiren ließen. Durch einfaches Reiben erweichte die Masse; sie ließ sich durch eine Kerzenflamme entzünden und entwickelte dabei einen harzartigen Geruch und viel Rauch. Wurde die Substanz in einem geschlossenen Rohre über der Alkoholflamme erhitzt, so destillirte sie unter Rücklassung eines namhaften kohligen Rückstandes über; es condensirten sich ein säuerliches Wasser, farblose kleine Tröpfchen, von

welchen ein Theil bei Erkaltung kryſtalliſirte und weißlichgelbes Harz von ganz der urſprünglichen Subſtanz ähnlichem Ausſehen. Dieſes letztere iſt löslich in Alkohol, namentlich bei Erwärmung und wird daraus durch Waſſerzuſatz niedergeſchlagen.

Angeſichts dieſer unvorhergeſehenen Ergebniſſe erſuchte Meunier Gourdon um Ergänzung ſeiner Mittheilungen und erhielt am 27. October folgende Auskünfte:

Am 28. Juli 1885 gegen 1 Uhr 30 Minuten Nachmittags befand ſich ein Mann aus Luchon am Ausgange Luchon's, auf der Straße nach Bigorre, 150 Meter hinter der Brücke de Mous-quères an der Croix-de-Paysas genannten Stelle und ſah im Momente, als das Gewitter heftig tobte, den Blitz ungefähr 20 Meter von ihm entfernt einſchlagen. Nachdem er ſich von der erlittenen Erſchütterung wieder erholt hatte, ging er aus Neugierde nachſehen, welche Wirkung der Blitzſchlag gehabt habe und conſtatirte auf der längs der Straße von Croix-de-Paysas bis zur Brücke de Mous-quères hinlaufenden Mauer ſowohl auf dem Schiefer als auch auf dem Kalke Ueberzüge von brauner Farbe. Gewiſſe Bäume (Ahorn) hatten einen Ueberzug auf der Rinde. Aufmerkſam gemacht durch dieſen Menſchen, ging ich am Morgen des nächſten Tages an jene Orte und ſammelte Proben von der Rinde, vom Schiefer und vom Kalke, Ueberzüge von bräunlicher Farbe. Hinter der Brücke de Mous-quères habe ich Spuren der Bahn des elektriſchen Fluidums auf den Schiefern ganz vergeblich geſucht. Vor dem Blitzſchlage am 28. Juli habe ich auf der Mauer und den Bäumen nichts geſehen und dieſe Fulguriten ſcheinen mir von dieſem beſtimmten Momente an zu datiren.

Man wird dieſem Schreiben jenen Wert beimeſſen, welchen es verdient, wenn man darauf aufmerkſam gemacht wird, daß Maurice Gourdon ein ſehr geſchickter Beobachter iſt, welchem die Geologie der Pyrenäen eine ſehr große Anzahl ſehr wichtiger Beiträge verdankt.

Schließlich führt die Unterſuchung der Proben auch zu der Meinung, daß es ſich wohl thatſächlich um einen durch ein Meteor bewirkten Nieder ſchlag handelt. Auf den Schiefern ſtellt ſich der Ueberzug in ſehr dünnen Schichten dar, die zuweilen mehrere Centimeter Oberfläche bedecken, bräunlich, ſchwärzlich und ſehr glänzend ſind; er iſt an einigen Stellen mehrere Millimeter tief in die Fugen der Steine eingedrungen. Es kommt auch vor, daß dieſe Subſtanz ein ſehr merkbares, faſeriges Ausſehen zeigt. Man kann mit der Pincette Faſern losreißen, welche an Haare mahnen; jedoch auf einem Platinbleche erhitzt, verbrennen ſie, ohne einen irgendwie merkbaren Geruch von verbranntem Horn zu verbreiten, und die Unregelmäßigkeiten, ebenſo wie

die Knotigkeiten, welche sie in ihrer Länge erkennen lassen, zeigen, daß sie aus einem einfach faserigen Harze bestehen. Auf der Oberfläche gewisser Schieferfragmente ist der Ueberzug ganz unzusammenhängend und auf feine Tröpfchen reducirt, welche nur mit der Lupe sichtbar werden. Der Charakter der harzigen Substanz auf dem Kalke ist augenscheinlich derselbe. Bei einer Probe von merkbarer Dicke zeigte sich der Stein durch Ruß geschwärzt, als ob das Harz an der Berührungsstelle mit dem Steine theilweise gebrannt hätte.

Auf den Baumrinden endlich stellte sich die geschmolzene Materie in Tropfen dar, welche sowohl einen Durchmesser von 9 Millimeter erreichten, als auch zuweilen mikroskopisch klein blieben. Eine der Proben zeigte die Rinde wie mit Harz bestreut, mit langen reichlichen Fädchen, welche man an den nicht bestreuten Flächen nicht fand. Es ist ferner überraschend, daß die Rinde vollkommen intact erscheint, daß sie in keinem irgend merkbaren Grade erhitzt worden zu sein scheint. Das Harz hat sich zwischen den Faserchen des Mooses abgesetzt, ohne ihnen das Aussehen zu rauben, welches sie auf den überzugfreien Stellen zeigen.

Die harzige Masse stellt immer sehr kleine Kügelchen dar und auf ihrer Schmelzfläche zeigen sich gekreuzte Fasern. Diese Fasern stellen ein Netz dar, welches nicht ganz ohne oberflächliche Aehnlichkeit mit jenem ist, welches die Rinden verschiedener Meteoriten und namentlich des Eukrits zeigen. Es scheint selbst, daß die Fasern nicht nur einfach auf die Oberfläche beschränkt sind, sondern daß sie auch in der Masse der Substanz vorkommen, denn als eine Schichte, welche anscheinend vollkommen homogen war, von einem Schiefer abgenommen und in Alkohol gelöst wurde, sah man sie sich als ein Gemenge von Stäbchen und Nadeln darstellen, die sich der Reihe nach lösten. Der auffallend reichliche Rückstand aus dieser Lösung zeigte bei der mikroskopischen Prüfung vollständige Identität mit dem jetzt so wohl bekannten atmosphärischen Staub. Man erkannte darin verschiedene organische Fragmente. Es sind offenbar Theilchen, welche durch das Harz zusammengekittet wurden, zur Zeit als dieses flüssig war, und ihr Ursprung braucht nicht nothwendig derselbe zu sein als der des Harzes.

Bei einer großen Anzahl von Kugelblitzen hat man die Anwesenheit mehr oder minder langsam brennender Substanzen, die Ausbreitung eines schwefeligen, harzigen oder bituminösen Geruches und zuweilen auch die Entwicklung schwarzen Rauches beobachtet. Der Ruß, welcher auf einem Steinstücke aus Luchon bewahrt wurde, zeigt gleichfalls, daß hier eine Verbrennung stattfand; ein glücklicher, ohne Zweifel sehr seltener Zufall hat das gänzliche Verschwinden der Masse verhindert.

Andererseits kann der Ursprung des Harzes jedenfalls der Explosion eines Boliden statt einem Blitzschlage zugeschrieben werden.*) In zahlreichen Erzählungen wird des Falles mehr oder weniger klebriger Substanzen im Gefolge dieser Meteore gedacht, welche aber nur in den Verzeichnissen figuriren, jedoch vergebens in den Sammlungen gesucht werden. Es würde dies nicht das erstemal sein, daß meteorische Körper zuerst als von einem Blitzschlage stammend angesprochen werden.

Eine zweite hierher gehörige Mittheilung ist, wie bereits erwähnt, von Trécul der Pariser Akademie übersandt worden; sie bezieht sich auf die Beobachtung des Falles einer geschmolzenen glühenden Masse aus einer Wolke während eines Gewitters. Trécul glaubt hierin an eine Note erinnern zu sollen, welche er bereits im Jahre 1881 der Akademie übergeben hat und welche ihm geeignet scheint, auf den von Meunier berichteten Fall neues Licht zu werfen. In jedem Falle zeigt Trécul's Beobachtung die Möglichkeit des Vorkommens einer glühenden geschmolzenen Substanz in den Gewitterwolken, welche Substanz im gegebenen Augenblicke auf die Erdoberfläche fallen und sich dabei in Tropfen und Kugeln von verschiedener Größe auflösen kann. Die fragliche Notiz trägt den Titel: Bemerkenswerter Fall eines Kugelblitzes u. s. w. und lautet:

Am 25. August 1880, ..., während eines heftigen Gewitters mit Blitz und Donner, sah ich, am hellen Tage, aus einer dunklen Wolke einen sehr hell leuchtenden Körper heraustreten, von schwach gelblicher, aber nahezu weißer Farbe, etwas länglicher Gestalt, dem Anscheine nach 35 bis 40 Centimeter lang, bei einer Breite von beiläufig 25 Centimeter mit zwei kurzen, konisch zugespitzten Enden. Dieser Körper war nur wenige Augenblicke sichtbar: er verschwand, indem es den Anschein hatte, als sei er in die Wolke zurückgekehrt; aber indem er sich zurückzog, und das scheint dasjenige zu sein, worauf aufmerksam zu machen eigentlich Zweck der Notiz ist, gab er einen kleinen Theil seiner Substanz ab, welche vertical wie ein schwerer Körper fiel, als ob seine Bewegung ausschließlich durch die Wirkung der Schwerkraft bestimmt gewesen wäre. Er ließ einen leuchtenden Schweif hinter sich, an dessen Rande sich Funken zeigten, oder vielmehr rothglühende Kügelchen, denn ihr Licht war nicht strahlend. Der Lichtschweif zeigte sich unmittelbar an dem fallenden Körper nahezu geradlinig (vertical), während er in seinen oberen Theilen gekrümmt erschien. Der kleine fallende Körper zertheilte sich während seines Sturzes und erlosch bald darauf, nachdem er nahe daran war, die Höhe des Schirmes zu erreichen, welcher durch die Häuser gebildet

*) Bei dem von Boyle erzählten Falle scheint der Zusammenhang mit dem Blitze dadurch hergestellt zu sein, daß die Bussole gleichzeitig entmagnetisirt wurde.

wurde. Bei seiner Losreißung und ebenso bei der Zertheilung war keinerlei Geräusch zu vernehmen, obwohl die Wolke nicht sehr entfernt war.

Diese Thatsache erscheint Trécul schon aus dem Grunde interessant, weil sie die Anwesenheit einer ponderablen Materie in der Wolke unzweifelhaft darthut, welche keineswegs durch eine Explosion heftig herausgeschleudert wurde, wie dies bei Boliden stattfindet, und auch nicht von einer lärmenden elektrischen Entladung begleitet war. Es kann in unserem Falle nicht die Erscheinung eines Boliden in Frage kommen, denn die leuchtende Masse ist ganz bestimmt aus der Wolke herausgekommen, in welche sie dann wieder zurückkehrte. Es ist noch zu bemerken, daß trotz der Leuchtkraft dieser Masse diese augenblicklich unsichtbar wurde im Innern der Wolke und daß diese ebenfalls dunkel blieb.

Es kann also in gewissen Gewitterwolken eine geschmolzene, glühende Materie geben und diese kann zur Erde fallen, indem sie, durch die Atmosphäre fallend, sich in dieser zertheilt. Obwohl in dem Falle, um den es sich hier handelt, der Fall des Körpers von keinem Donnerschlage begleitet war, scheint es Trécul doch, daß die von ihm mitgetheilte Beobachtung mit dem Berichte des Bewohners von Luchon in Beziehung zu setzen ist und daß die von Meunier so sorgfältig studirte harzige Substanz nicht von einem Boliden herrührt, sondern von einem Kugelblitze stammt, welcher während des Gewitters nach dem Glauben des besagten Einwohners gefallen ist.

Trécul glaubt, daß die beiden Beobachtungen sich gegenseitig ergänzen. Trécul sah die Substanz aus einer dunkeln Wolke austreten, ohne sie sammeln zu können, und Gourdon hat die Producte des Falles zu Luchon gesammelt, ohne selbst ihr Herkommen constatiren zu können. Ob Trécul's Ansicht die richtige ist? — Eine sichere Entscheidung hierüber können wohl erst zahlreiche, verläßliche Beobachtungen künftiger Fälle bringen.

Ein solcher wurde wieder in jüngster Zeit (1887) durch Reimann in den bereits wiederholt citirten Berichten über Gewittererscheinungen im Schlesischen Gebirge zur Kenntniß gebracht; der Baudenwirth Kretschmer bei Grunau hat ihm über das Auftreten einer eigenthümlichen gallertartigen Substanz an einem vom Blitze gewühlten Erdloche folgendes erzählt:

»Im Jahre 1877 an einem Nachmittage gegen 4 Uhr schlug der Blitz bei Alt-Flachenseifen in ein Feld mit Hafer, der schon Körner angesetzt hatte. Der inzwischen verstorbene Gutspächter des Dominiums, Schwarzer, hatte den Blitz herabfahren gesehen und nach dem Gewitter sofort die betreffende Stelle aufgesucht. Als er mich früh am andern Morgen traf, führte er mich zu der Stelle hin, die ihm als sehr merkwürdig vorkam. Ich fand einen vom Hafer entblößten Raum, wo die Erde gelockert war und ein Loch von

mindestens 15 Centimeter Durchmesser und anscheinend geringer Tiefe; doch ist diese nicht von mir untersucht worden. Zu etwa ein Drittel war der Umfang des Loches von einer hellen, bläulichweißen, etwas ins Graue gehenden Gallerte umgeben, die in einer größeren zusammenhängenden Masse und in fünf bis sechs einzelnen, haselnußgroßen getrennten Stücken bestand. Ich habe die Gallerte nicht weiter untersucht, auch nicht daran gerochen, sondern mich darauf beschränkt, mit dem Stocke darin herumzuwühlen. Als Bauernsohn bin ich auf dem Felde aufgewachsen, habe aber bis zum heutigen Tage weder selbst solche Masse irgendwo wiedergesehen, noch je von ihrem Vorkommen gehört. Ich war damals der Ansicht, daß der Blitz sie gebildet hat, weiß aber nicht, ob Schwarzer bereits bei der ersten Inaugenscheinnahme des Loches sie gesehen hat.«

Auch meine Erkundigungen, fährt Reimann fort, haben bisher noch nicht ergeben, daß eine Gallerte, wie sie hier beschrieben, in der Gegend sonst vorkommt. Sie erinnert an die gelatinösen, sogenannten Sternschnuppen-Substanzen, über welche Galle und F. Cohn in den »Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur« eingehend geschrieben haben. Obwohl dort für die große Mehrzahl der Fälle die Richtigkeit der Erklärung, daß dieselben von Fröschen herrühren und deren gequollene Eileiter sind, in zuverlässiger Weise nachgewiesen ist, so ist doch noch eine erhebliche Anzahl von Berichten über derartige Massen und deren Niederfall übrig geblieben, die bisher noch als wesentlich räthselhaft und unerklärt bezeichnet werden müssen.

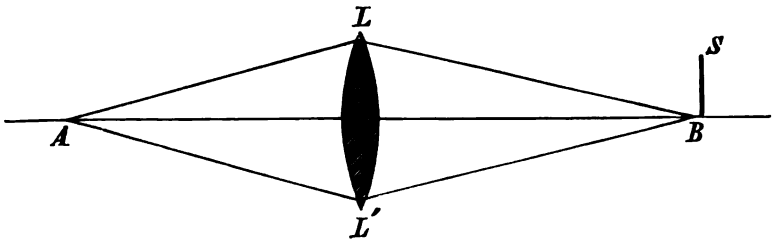
Im Blitzstrahle können jedoch auch noch in anderer Weise materielle Theilchen zur Wirksamkeit gelangen, Theilchen, die nicht dem Blitzstrahle als solchen eigenthümlich sind, sondern die erst durch den Blitz zu einer bestimmten Kraftäußerung veranlaßt werden. Das Medium, in welchem der Blitz zustande kommt, ist die Luft; diese wird im Blitze, d. h. also auf der Bahn, welche der von der Wolke zur Erde überspringende elektrische Funke zurücklegt, mit einer ganz außerordentlichen Heftigkeit weggeschleudert, so daß die Blitzbahn gewissermaßen ein Rohr darstellen muß, in welchem sich sehr verdünnte Luft befindet, während am Umfange und namentlich am vorderen Ende dieses Rohres die Luft verdichtet sein muß. Wir sind zwar nicht imstande, diese Verdünnung, beziehungsweise Verdichtung experimentell nachzuweisen oder zu messen, aber wir können hierauf zurückschließen aus den von uns gemachten Beobachtungen gewisser Wirkungen des Blitzes; letztere sind derart, daß sich zwischen ihnen und denen eines abgeschleuderten Geschosses Parallelen ziehen lassen.

Melsens hat in vier der Pariser Akademie überreichten Abhandlungen nachgewiesen, daß die verdichtete Luft vor einem mit großer Geschwindigkeit

fliegenden Projectile eine Schicht bildet, welche fähig ist, sich dem unmittelbaren, absoluten Contacte zwischen Projectil und Ziel (Hinderniß) zu widersetzen, namentlich dann, wenn das Geschoß nahezu senkrecht aufschlägt. Dem Projectile geht eine Schicht comprimirte Luft vorher, welche Melsens als Luftprojectil bezeichnet, und hinterher folgt ein Vacuum.

In jüngster Zeit ist es nun dem bekannten Physiker E. Mach gelungen, dieses Luftprojectil auf photographischem Wege, eben wieder mit Hilfe der bei den Blitzphotographien erwähnten höchstempfindlichen Platten, zu fixiren. Die vorläufigen Resultate, welche sich aus dem diesbezüglichen, zum Theile von P. Salcher nach E. Mach's Angaben ausgeführten Versuche ergaben, gelangten in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie unter dem Titel: »Photographische Fixirung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten

Fig. 152.



Zu Toepler's Schlierenapparat.

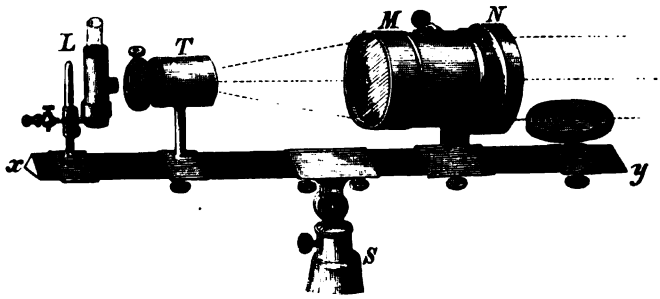
Vorgänge« zur Veröffentlichung. Nachstehend möge hieraus mitgetheilt werden, was für die hier verfolgten Zwecke von Interesse zu sein scheint oder was bei der weiteren Erforschung der physikalischen Natur des Blitzes vielleicht Bedeutung erlangen könnte.

Zum Verständnisse der Untersuchungen Mach's ist es nothwendig, zunächst auf eine ältere Abhandlung optischen Inhaltes von Toepler zurückzugreifen. In besagter Abhandlung setzt Toepler eine Methode auseinander, welche gestattet, in durchsichtigen Mitteln, Bewegungen oder Veränderungen derselben sichtbar zu machen, vorausgesetzt, daß durch letztere die Lichtbrechungsverhältnisse verändert werden. Das Princip dieser Methode ist folgendes. Denkt man sich in A (Fig. 152) einen leuchtenden Punkt und in LL' eine Sammellinse, so werden die auf die Linse fallenden Lichtstrahlen derart gebrochen, daß sie sich hinter der Linse bei B wieder vereinigen, d. h. in B ein Bild des leuchtenden Punktes A erzeugen. Stellt man nun aber dem Gange der Strahlen von A durch die Linse LL' nach B einen durchsichtigen Körper in den Weg, durch welchen jener Theil dieser Strahlen, der den

Körper passiren muß, eine andere Richtung erhält, so resultiren natürlich zweierlei Strahlenzüge. Man kann die regulären Strahlen, also jene, welche nach wie vor durch den Bildpunkt B gehen, von den irregulären Strahlen, trennen, indem man die regulären Strahlen durch einen undurchsichtigen Schirm S abblendet, so daß also diese an der Fortsetzung ihres Weges über B hinaus verhindert werden, indes die irregulären, sich in B nicht schneidenden, sondern hier vorübergehenden Strahlen durch den Schirm in keiner Weise aufgehalten werden und daher in der einen oder anderen Weise zur Beobachtung gelangen können.

Toepler benützte hierzu ein Fernrohr und gab dem ganzen Apparate die in den Figuren 153 und 154 dargestellte Form. Auf dem Metallstabe x y

Fig. 153.



Toepler's Schlierenapparat.

des Stativs S befindet sich eine Lampe L und ein mit einer regulirbaren Spalte versehenes Rohr T. Beide zusammen bilden den Illuminator oder Beleuchtungsapparat und bezwecken die Herstellung einer hellen, scharf begrenzten Lichtquelle. Diesem Apparate gegenüber befindet sich ein Linsensystem (der Kopf) M N; letzterer entspricht der Linse L L' in Figur 152. Von diesem Apparate gelangen dann die Lichtstrahlen in ein 3 bis 6 Meter entfernt aufgestelltes Fernrohr F und können durch dieses beobachtet werden. Am Fernrohre befindet sich ein Tubus r vor der Metallscheibe A und ein Diaphragma d hinter derselben, durch welches von der kreisförmigen Oeffnung des Fernrohres ein Segment abgeschnitten wird.

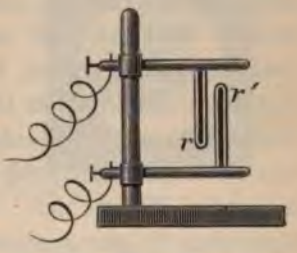
Die von der Lichtquelle L T ausgehenden Strahlen fallen auf das Linsensystem M N und das auf M N gerichtete Fernrohr F zeigt ein helles Gesichtsfeld. Wird nun aber der Schieber des Analysators (Fig. 154) so verschoben, daß dessen untere Kante mit der Kante des Illuminators (T in Fig. 153) zusammenfällt, so erscheint das Gesichtsfeld dunkel, vorausgesetzt,

daß die Linse M N keine Schlieren besitzen. Wäre aber dies der Fall oder würde man auf der Strecke zwischen Kopf M N und Fernrohr F eine stärker brechende Substanz anbringen, z. B. auf das Tischchen bei v (Fig. 153) geben, so werden durch diese Schliere oder anderweitige, stärker brechende

Fig. 154.

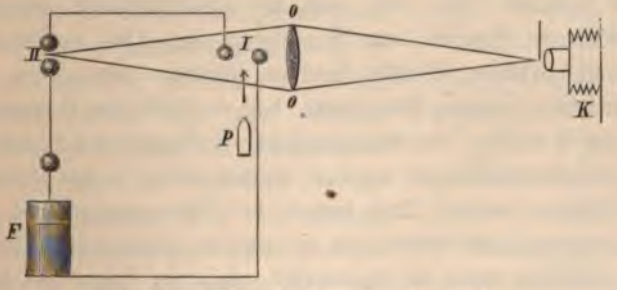
Toepler's Schlierenapparat.

Fig. 156.



Mach's Unterbrechungsapparat.

Fig. 155.



Zu Mach's Photographie der fliegenden Kugel.

Substanz die dieselbe treffenden Lichtstrahlen abgelenkt oder darüber hinaus gebrochen und gelangen in das Fernrohr; der Beobachter erblickt dann auf dunklem Hintergrunde die helle Schliere; eine weniger brechende Schliere würde sich schon vor Einstellung des Schiebers zu erkennen geben, d. h. dunkel auf hellem Hintergrunde erscheinen.

Es gelang Toepler durch diesen Apparat, z. B. das Fließen von Aetherdämpfen in Luft, die durch Erwärmung hervorgerufenen Luftströmungen,

das Fallen eines Wassertropfens durch Wasser, Wasserströmungen im Wasser, die durch den elektrischen Funken hervorgerufenen Explosionswellen und vieles Andere sichtbar zu machen und dadurch manche höchst interessante directe Beobachtung bis dahin unsichtbar gebliebener Vorgänge zu ermöglichen.

Diesen Apparat hat nun Mach, nachdem es gelungen war, die bereits mehrfach erwähnten so wunderbar empfindlichen photographischen Platten herzustellen, benützt, um Bewegungen der Luft photographisch aufzunehmen. Mach ist es in der That gelungen, Melsens' Luftprojectil zu photographiren. Die Anordnung des Apparates war dabei im wesentlichen folgende. Der Schließungsbogen einer Leydenerflasche F (Fig. 155) ist bei I und II unterbrochen. Während aber die metallischen Enden bei II sich in freier Luft einander gegenüberstehen, sind die Enden bei I durch Glasröhren bedeckt, wie dies Figur 156 erkennen läßt, in welcher die über die Drahtenden gestülpten Glasröhren mit rr' bezeichnet sind. Bei oo (Fig. 155) wurde der Linsensatz und bei K ein photographischer Apparat, an Stelle von Toepler's Fernrohr, aufgestellt. Wurde nun ein Projectil P gegen die Unterbrechungsstelle I abgefeuert, so zertrümmerte dieses die beiden Glasröhren und ermöglichte dadurch die Entladung der Leydenerflasche, also das Auftreten eines Funkens bei II in jenem Augenblicke, in welchem die Kugel an dem photographischen Apparate vorbeikam; also wurde auch gerade in diesem Momente das Projectil beleuchtet und dadurch die photographische Aufnahme bewerkstelligt. Da bei dieser Anordnung des Apparates der Funke bei II der Lichtquelle LT in Toepler's Apparate (Fig. 153) und die photographische Kammer K mit ihrem verstellbaren Schirme dem Analysator (Fig. 154) entspricht, so muß diese Gesammtanordnung Mach's dieselben Resultate geben, wie Toepler's Apparat, mit dem einzigen Unterschiede, daß an Stelle der Beobachtung durch das Auge bei Toepler, die photographische Aufnahme bei Mach tritt. Verdichtungen oder Verdünnungen der Luft mußten daher in der photographischen Aufnahme sichtbar werden. Daß dies in der That gelungen ist, zeigen die nach den photographischen Aufnahmen hergestellten Figuren 157, 158 und 159. Zu ihrer Erklärung möge die schematische Zeichnung Figur 160 dienen. Hier ist mit p das Geschoß bezeichnet, rr' stellen die in Glasröhren eingeschlossenen Drähte der Unterbrechungsstelle I (Fig. 155) dar, vv ist die vordere und ww die hintere Wellengrenze und ss sind gewisse Wirbel (Fig. 159).

Durch diese Versuche, beziehungsweise photographischen Aufnahmen ist also die Verdichtung der Luft vor dem Geschosse, oder wenn wir der Kürze wegen den Melsens'schen Ausdruck Luftprojectil beibehalten, die Entstehung eines solchen außer Frage gestellt. Ueberdies haben auch Mach's Versuche über die Form dieser Luftverdichtung Aufschluß gebracht; die Grenzfläche der

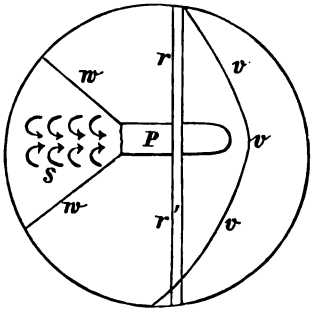
vor dem Projectile verdichteten Luft stellt sich, wie der Anblick der Photographien lehrt, als ein Hyperpoloid dar. Aeußerst interessant ist aber ferner eine Erscheinung, welche bei den größten Geschwindigkeiten des Projectiles, die bei den Versuchen vorkamen, hervortrat. Es sind dies die eigenthümlichen Wölkchen, welche den Schußcanal hinter dem Geschosse erfüllen (Fig. 159). Diese Wölkchen erscheinen ziemlich regelmäßig und symmetrisch längs der Schuß-

Fig. 157. Fig. 158. Fig. 159.

Nach Mach's Photographien der fliegenden Kugel.

linie aufgereiht und gleichen ganz jenen Wölkchen erwärmter Luft, die der in Luft überschlagende Funke hinter sich läßt; in diesen hat man bei Beobachtung durch den Schlierenapparat deutlich Wirbelbewegung nachgewiesen. Die Fragen, welchem Umstande diese Wirbel hinter dem Projectile ihr Entstehen zu verdanken haben und wodurch deren Sichtbarkeit mit Hilfe des Schlierenapparates ermöglicht wird, harren zwar noch einer vollkommen sicheren Lösung, doch ist es nicht unwahrscheinlich, daß die auf Grund der besprochenen, noch nicht zum völligen Abschlusse gelangten Versuche aufgestellte Vermuthung die richtige ist; für diese spricht wenigstens die Einfachheit: Hat das Geschoß hinlängliche Geschwindigkeit und keine zu geringen Dimensionen, so wird am Boden desselben thatsächlich ein Vacuum entstehen, in welches die Luft unter Bildung von Wirbeln eintritt und sich infolge von Reibung und Stoß bei dieser discontinuirlichen Bewegung erwärmt; die Erwärmung dieser Wirbel ermöglicht dann ihr Sichtbarwerden im Schlierenapparat.

Fig. 160.



Schema zu Mach's Photographien der fliegenden Kugel.

Nachdem bereits darauf hingewiesen wurde, daß die Wirbel im Schußcanale eines Projectiles dasselbe Aussehen zeigen und daher vermuthlich auch derselben Natur sind wie die auf der Bahn eines elektrischen Funkens entstehenden Wirbel, kehren wir nun zum Blitzstrahle selbst zurück. Wenn ein

Blitz die Luft spaltet, so wird nach Larroque's Auffassung die in Bewegung befindliche Elektricität unausgesetzt in Wärme und in sichtbare Bewegung verwandelt. Resultate dieser Umwandlung sind die Erleuchtung und Bewegung der Luft, die, wie bereits oben erwähnt, als comprimirte Luftschicht dem Blitze ebenso vorangeht wie der Kugel im Fluge. In Anbetracht der außerordentlich großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Strahles und mit Berücksichtigung des Umstandes, daß die Energie mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, muß die dem Blitzstrahle vorangehende Schicht comprimirter Luft thatsächlich ein förmliches Geschoß, ein Luftprojectil darstellen, hinter welchem an Stelle des soliden Geschosses der elektrische Druck wirksam ist.

Die Anwesenheit dieses Luftprojectils stellt ein Hinderniß, einen ernsten Widerstand dem Uebertritte der Elektricität auf den getroffenen Körper entgegen, selbst dann, wenn dieser ein guter Leiter ist. Es muß also eine gewisse Summe von Energie dazu verwendet werden, diesen Widerstand zu brechen, und findet die Elektricität einen bequemeren Weg, so wird sie diesen einschlagen. Dieses Verhalten ist es auch, welches man nach Larroque häufig beobachtet: Hat der Blitz in ein Gebäude eingeschlagen, so folgen vor seinem Eindringen in die Erde dem ersten Schlage einer oder mehrere Rückschläge, es ereignet sich selten, daß der Blitz auf dem ersten von ihm getroffenen Punkte zündet; dieser ist vielmehr der durchschlagenden Wirkung des Luftprojectils als der Wirkung der elektrischen Entladung selbst ausgesetzt; die Wärmewirkungen sind erst zu befürchten nach dem ersten Schlage. Larroque empfiehlt auch aus diesem Grunde die Spitzen auf den Fangstangen der Blitzableiter, weil diese dem Luftprojectile eine geringe Oberfläche darbieten. Sind vielleicht die umgebogenen Spitzen der Blitzableiter, die nicht selten beobachtet werden, als Bestätigung der eben erläuterten Vorstellung eines Blitzschlages zu betrachten? Und die Wirbel, welche im Schußcanal eines Geschosses ebenso entstehen, wie auf der Bahn des elektrischen Funkens, folgen diese auch dem Blitzstrahle? Sind es vielleicht solche Wirbel glühender Luft, welche ihre Spuren in Form von Spiralen auf Bäumen oder anderen vom Blitze getroffenen Objecten hinterlassen oder diese spiralig verdrehen?

Für das Vorhandensein eines Luftprojectiles glaubt Larroque auch einige Beobachtungen der Wirkungen eines Blitzschlages anführen zu können. Sie lauten: Im Jahre 1879 war ich Zeuge eines ungewöhnlichen Blitzschlages. Der Blitz fuhr an der Seite einer Pyramidenpappel ohne diese zu berühren herab, traf die Erde sechs Meter weit vom Fuße dieser Pappel entfernt und grub in den Boden eine sich erweiternde Höhlung von 35 Centimeter Oeffnung und 20 Centimeter Tiefe; sie zeigte auf ihrem Grunde ein enges Rohr von

etwa 20 Centimeter Länge. Die Höhlung trug die Spuren eines energischen Druckes, hervorgerufen durch den Erguß einer dichten Materie, welche sich, auf dem Umfange der Oeffnung einen festen Wulst bildend, anhäufte. Fünf Minuten nach dem Schlage waren die Wände der Höhlung noch heiß.

Seit dieser Zeit wurden Larroque noch zwei ähnliche Aushöhlungen gezeigt, welche durch den Blitz gegraben oder vielmehr gepreßt waren. Die eine derselben, welche der Eigenthümer des Feldes durch ein Bretterdach geschützt hatte, besaß einen Durchmesser von 55 Centimeter bei 14 Centimeter Tiefe; sie besaß keinen röhrenförmigen Canal; die andere stellte eine geneigte Furche von zwei Meter Länge und geringer Tiefe dar, welche in ein Rohr auslief, das bis 25 Centimeter unter dem Erdboden verglast war.

Eine aufmerksamere Prüfung zweier solcher Höhlungen ließ Larroque erkennen, daß diese aus zwei aufeinander gepfropften Partien bestehen. Im tiefen röhrenförmigen Theile ist die durchschlagende und Wärmewirkung des Blitzes augenscheinlich; was jedoch die obere Ausweitung anbelangt, so zeigt sich hier ein ganz verschiedener Charakter: Sie bietet sehr viele Vergleichsmomente mit den Deformationen, welche die Projectile in widerstehenden Mitteln, z. B. auf den Platten einer Verschanzung im Aufschlagspunkte hervorbringen. Die hier angeführten Beobachtungen scheinen also in der That für das Auftreten eines solchen Luftprojectiles zu sprechen.

5. Der bei Blitzschlägen auftretende Geruch.

Wie bereits weiter oben (S. 483) bemerkt, wurde zur Stütze der Ansicht, daß im Blitzstrahle auch die Wirkung materieller Theilchen zur Geltung käme, ferner die von vielen Berichterstattern erwähnte Beobachtung der Entwicklung eines intensiven Geruches oder Dampfes an Stellen, welche der Blitz getroffen hat, angeführt (siehe z. B. S. 411). Nehmen wir jene Fälle aus, in welchen von der Entwicklung eines dichten, schweren Dampfes oder Rauches gesprochen wird, so reicht jedoch zur Erklärung des intensiven, schwefelähnlichen Geruches die bei Blitzschlägen ebenso wie bei künstlicher Hervorrufung elektrischer Funken in der Luft stets eintretende Ozonbildung vollkommen aus. Bezüglich jener Fälle aber, für welche wir das Auftreten sichtbarer Dämpfe der einen oder der anderen Art als zuverlässig verbürgt annehmen müssen, sind wir gegenwärtig noch nicht in der Lage, Zuverläßliches über den Zusammenhang derartiger Erscheinungen mit dem Blitze anzugeben; vermuthlich kommen in solchen Fällen nicht selten ganz locale oder zufällige Umstände in Wirksamkeit, wie z. B. der Durchgang des Blitzes durch verdampfbare oder unter starker Rauchentwicklung verbrennbare Körper u. s. w. Es dürfte sich auch in solchen Fällen

sehr empfehlen, nicht nur jeden Blitzschlag als solchen genau zu untersuchen, sondern auch auf alle russigen Absätze oder schwefeligen Beschläge sorgfältig zu achten, diese einer chemischen Untersuchung zu unterwerfen und an Ort und Stelle nachzusuchen, ob nicht vielleicht der ebenda vorhandene Stoff selbst das Material zu dem Absatze, Rauch oder Qualm u. s. w. geliefert haben könnte.

Blättert man in den Berichten über Blitzschläge nach, so findet man fast immer angegeben, es habe sich ein Geruch oder ein erstickender Dampf wie von brennendem Schwefel ausgebreitet. Einzelne Berichte sprechen aber, wie bereits erwähnt, von undurchsichtigen, massigen Dämpfen, was nicht durch Bildung von Ozon erklärt werden kann. Einige derartige Beobachtungen erzählt z. B. Arago.

Der New-York, ein Paketboot von 520 Tonnen, wurde im Laufe des 19. April 1827 unter nahe 38° nördl. Br. und 63° westl. L. (von Paris gerechnet), also zu einer Zeit, wo seine kleinste Entfernung vom Lande mehr als 70 deutsche Meilen betrug, zweimal vom Blitze getroffen. Als der erste Blitz einschlug, gab es arge Verwüstungen, weil das Schiff keinen Blitzableiter hatte; da der Blitz indessen auf seinem Wege metallische Theile gefunden hatte, welche ihn ins Meer leiteten, so fing das Schiff nirgends Feuer. Nichtsdestoweniger füllten sich die Cajüten mit dichten Wolken eines schwefeligen Dampfes. Vor dem zweiten Einschlagen war unterdessen der Blitzableiter des New-York aufgerichtet. Das Schiff strahlte einen Augenblick von Licht, ebenso wie das erste Mal, aber es litt keine merkliche Beschädigung. Dessenungeachtet wurden die verschiedenen Räume des Paketbootes und besonders die Damencajüte plötzlich mit so dicken schwefeligen Dämpfen angefüllt, daß man nicht hindurchsehen konnte.

Nach dem Blitzschlage, welcher am 11. Juli 1819 zu Chateau-neuf-les-Moustiers (Dep. der Niederalpen) viel Unglück anrichtete, war die Kirche mit einem so schwarzen, dicken Rauch erfüllt, daß man nur wie im Finstern tappend einhergehen konnte.

Der schwefelige Geruch entwickelt sich selbst da, wo keine Lichterscheinung sich gezeigt hat. Es zeigt dies z. B. ein Bericht, welchen Rihouet über einen Blitzschlag, welcher im Jahre 1812 das Linienschiff Golymin getroffen hat, an Arago erstattete. Beim Besuche des Schiffes, gleich nach diesem Unfalle, sagt Rihouet, ließ ich mich von einem Officier und dem Geschützmeister begleiten. Als wir an die große hintere Pulverkammer kamen, fand ich sie unversehrt; als ich aber die daranstoßende Brodkammer öffnen ließ, drang sogleich ein dicker, schwarzer Dampf und ein schwefeliger Geruch heraus, welche uns alle fast erstickt hätten, obwohl der Geschützmeister die Thür nur

eben geöffnet und sogleich wieder geschlossen hatte. Als wir bald darauf in diese Kammer selbst eintraten, fanden wir zu unserem großen Erstaunen keine Spur von Feuer daselbst, sondern nur das vollständigste Durcheinander; mehr als 20.000 Stück Schiffszwieback waren von Grund aus aufgewühlt, ohne daß man irgend eine Spur des Weges entdecken konnte, auf welchem die Blitzmaterie in diesen Raum eingedrungen war.

Am 14. Juni 1846 schlug nach einem Berichte Bonjean's an die Pariser Akademie der Blitz in die Kirche Saint Thibault in Coux und sofort war sie von Rauch und einem starken schwefligen Geruche erfüllt. Ein vergoldeter Rahmen und sechs vergoldete Leuchter waren ganz schwarz geworden, während ein in ihrer Mitte befindlich gewesenes vergoldetes Kreuz keinerlei Veränderung erlitten hatte. Chemische Untersuchungen haben gezeigt, daß diese schwarze Schicht eine Schwefelverbindung war.

Was nun den, brennendem Schwefel ähnlichen Geruch, wie sich die Berichterstatter häufig ausdrücken, anbelangt, so findet dieser, wie bereits angedeutet, vorzugsweise in dem Auftreten von Ozon seine Erklärung. Die Wirkung des elektrischen Funkens, beziehungsweise des Blitzes auf die atmosphärische Luft ist nämlich der Hauptsache nach eine zweifache: der Sauerstoff wird zum Theile in eine andere Modification übergeführt, d. h. in Ozon verwandelt, und andererseits wird die Vereinigung der beiden Gemengtheile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, zu einer chemischen Verbindung, Salpetersäure, bewirkt. Dem Ozon schreiben verschiedene Beobachter einen Geruch zu, wie nach brennendem Schwefel, oder nach Chlor, wohl auch nach salpetrigen Dämpfen (Stickstofftetroxyd). Die Dämpfe der Salpetersäure haben auch eine erstickende Wirkung; das Auftreten von Ozon und von Salpetersäure (oder im allgemeinen von Nitroverbindungen) erklärt sonach hinlänglich jene Berichte über die schwefligen Dämpfe, welche bei Blitzschlägen auftreten.

Der berühmte Chemiker Cavendish (geb. 1731 in Nizza, gest. 1810 zu London) wies zuerst nach, daß die beiden Gemengtheile der Luft, Sauerstoff und Stickstoff mit Hilfe des elektrischen Funkens zu Salpetersäure vereinigt werden. Es läßt sich dies sehr einfach in der Weise zeigen, daß man den Funken einer Elektrisirmaschine so lange oberhalb eines mit Aetzkalilösung getränkten Streifens Lackmuspapier überschlagen läßt, bis der Streifen roth erscheint. Wird er hierauf getrocknet und dann angezündet, so verräth die Heftigkeit seiner Verbrennung, daß das Aetzkali durch die vom elektrischen Funken gebildete Salpetersäure in Salpeter umgewandelt worden ist. Hatten nun zwar allerdings schon die Versuche Cavendish's vermuthen lassen, daß ebenso wie durch Ueberschlagen des elektrischen Funkens auch, und zwar in entsprechend erhöhtem Maße, durch den Blitz Salpetersäure in der Luft

gebildet werden müsse, so wurde dies thatsächlich doch erst im Jahre 1827 von Liebig nachgewiesen. Er analysirte 77 Rückstände aus 77 Proben Regenwasser, die er in Porzellangefäßen zu verschiedenen Zeiten aufgesammelt hatte; von diesen Regenwassern waren 17 zur Zeit von Gewittern gesammelt. Diese 17 Proben enthielten alle in größerer oder geringerer Menge Salpetersäure verbunden mit Kalk oder Ammoniak, während sich unter den übrigen 60 Proben nur 2 fanden, welche Salpetersäure und zwar auch nur in Spuren enthielten. Die Bildung von Salpetersäure durch die Wirkung des Blitzes auf die Luft ist hierdurch zweifellos nachgewiesen.

Schönbein war es, welcher dem eigenthümlichen Geruche, der sich alsogleich merkbar macht, wenn elektrische Funken (z. B. einer Elektrisirmaschine) durch die Luft schlagen, seine Aufmerksamkeit zuwandte und schließlich nachwies, daß der Sauerstoff der Luft durch die Einwirkung elektrischer Entladungen in eine andere Modification verwandelt werde.*) Der gewöhnliche Sauerstoff, welcher sich mit vielen Stoffen nur schwer direct verbindet, hat durch Einwirkung der Elektricität eine viel heftiger oxydirende Kraft erhalten, er ist viel activer geworden; man nennt ihn in diesem Zustande daher activen Sauerstoff oder Ozon. Versuche haben gezeigt, daß man das Ozon als einen Sauerstoff im verdichteten Zustande zu betrachten hat. Das Ozon läßt sich nicht nur durch den ihm eigenthümlichen Geruch, sondern auch durch seine Einwirkung auf Jodkalium nachweisen; es wird hierdurch nämlich das Kalium oxydirt und freies Jod abgeschieden. Letzteres verräth sich aber in seinen geringsten Mengen dadurch, daß es, mit Stärke zusammengebracht, eine tiefblaue Verbindung eingeht. Man kann daher das Ozon in der Art nachweisen, daß man Filtrirpapier in dünnen Stärkekleister taucht, welchem man Jodkaliumlösung zugesetzt hat. Die geringsten Ozonmengen, die dann mit diesem so vorbereiteten Papiere zusammenkommen, veranlassen eine Ausscheidung von Jod und somit eine Bläuung des Papieres. Man kann sich davon einfach in der Weise überzeugen, daß man in der Nähe eines solchen Papieres einige elektrische Funken überschlagen läßt. Schönbein hat auf Grund dieser Reaction ein Ozonometer angegeben, welches die Bestimmung des jeweiligen Ozongehaltes der Luft ermöglichen soll. Man hat zu diesem Behufe nur einen Streifen des vorbeschriebenen Papieres der Einwirkung der Luft längere Zeit auszusetzen und dann die Färbung, welche derselbe angenommen hat, mit einer Scala zu vergleichen, welche von 0 gleich weißgelb bis 10 gleich dunkel violett in bläulichen Farbentönen ansteigt.

*) Gardini hat bereits im Jahre 1857 darauf aufmerksam gemacht, daß beim Ausströmen der Elektricität aus Spitzen ein ganz ähnlicher Geruch auftritt.

Das Ozon entsteht nicht nur bei elektrischen Entladungen durch die Luft, sondern auch im Gefolge anderer Processe. Es bildet sich bei der elektrolytischen Zersetzung des Wassers und bei zahlreichen langsam fortschreitenden Oxydationsprocessen; um nur einen zu nennen, sei auf die langsame Oxydation des Phosphors hingewiesen, welche dann eintritt, wenn man Phosphor mit feuchter Luft zusammenbringt. Man verspürt dann sofort den elektrischen oder Ozongeruch. Dieser macht sich auch besonders bemerkbar in der Nähe von Gradirhäusern.

Die mannigfachen Entstehungsursachen des Ozons bringen es mit sich, daß die atmosphärische Luft fast immer in höherem oder geringerem Grade ozonhältig ist, wenngleich die weitaus kräftigste Ozonentwicklung an Gewitter gebunden ist. Die Meteorologen haben die regelmäßige Bestimmung des Ozongehaltes der Luft gleichfalls zum Gegenstande ihrer Beobachtungen gemacht und bedienen sich hierbei des oben erwähnten Ozonometers. Diesbezüglich muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Angaben dieses Ozonometers nur unter gewissen Bedingungen verläßlich sind. Das Jodkalium wird nämlich nicht nur durch die Einwirkung von Ozon zersetzt, sondern auch durch Chlor oder bestimmte Oxyde des Stickstoffes; kommen derartige Gase mit dem Probepapier in Berührung, so wird dasselbe gleichfalls mehr oder weniger gefärbt. Man schlug daher auch vor, die Papierstreifen nicht mit Jodkalium, sondern mit Thalliumoxyd zu imprägniren. Aus diesem scheidet das Ozon braunes Thalliumtrioxyd aus, während die Stickstoffoxyde keinerlei Einfluß äußern.

Regelmäßige Beobachtungen über den Ozongehalt der Luft werden gegenwärtig von verschiedenen meteorologischen Anstalten durchgeführt; hiernach scheint es, daß der Ozongehalt der Luft ein verschiedener ist nach Ort und Zeit, und daß das Maximum des Ozongehaltes gewöhnlich in das Frühjahr, das Minimum in den Herbst fällt. Da man, um das Tagesmittel des Ozongehaltes festzustellen, doch nicht gut alle 24 Stunden beobachten kann, hat v. Friesenhof eine Formel aufgestellt, welche gestattet, aus wenigen, aber zu zweckentsprechenden Zeiten festgesetzten Beobachtungen eine Wertzahl (W) zu berechnen, welche das Tagesmittel recht gut ausdrückt. Man benützt dazu drei Reactionen, die Mittags, Abends und Morgens (für die Nachtreaction) abgelesen werden. Man bildet aus diesen drei Ablesungen die Wertzahl (W), indem man aus der Mittag- (M) und Abendablesung (A) das Mittel $\left(\frac{M+A}{2}\right)$ nimmt, mit 3 multiplicirt und die Morgens abgelesene Nachtreaction (N) dazuzählt: $W = 3\,\frac{M+A}{2} + N.$

Th. Hoh erhielt in dieser Weise für Bamberg folgende Zahlen:

Jahr	N.	M.	A.	W.
1885:	7·12	6·12	6·16	25·53
1884:	4·41	4·45	4·57	17·93
1883:	4·65	4·79	5·33	19·82
1882:	4·63	5·07	4·65	19·27
1881:	4·25	4·36	4·17	16·99

Für die Städte Wien, Colberg, Bozen und Berlin wurden im Jahre 1883 folgende monatliche Wertzahlen erhalten:

	Wien (Hohe Warte)	Colberg	Bozen	Berlin (Friedr.-H.)
Januar . . .	31·25	33·5	26·8	5·3
Februar . . .	34·95	34·2	29·5	5·9
März . . .	35·55	35·5	34·6	8·6
April	38·10	36·9	19·2	9·6
Mai	34·50	35·9	32·1	9·3
Frühling . . .	36·05	36·1	28·6	9·2
Juni	34·25	35·0	30·1	?
Juli	32·60	34·7	29·0	7·0
August . . .	32·20	36·3	29·7	7·3
Sommer . . .	33·02	35·3	29·6	7·15
September . .	32·50	33·9	28·9	4·4
October . . .	22·70	35·0	32·7	3·7
November . .	21·04	34·7	28·7	1·1
Herbst . . .	25·41	34·5	30·1	3·1
December . .	26·10	35·0	27·4	3·8
Winter . . .	30·77	34·2	27·9	5·0
Jahr	31·31	35·02	29·05	6·11
Maximum . .	38·1 (Apr.)	36·9 (Apr.)	34·6 (Mz.)	9·6 (Apr.)
Minimum . .	21·04 (Nov.)	33·5 (Jan.)	19·2 (Apr.)	1·1 (Nov.)
Differenz . .	17·06	3·4	15·4	8·5

Man ersieht aus Obigem, daß das Auftreten von Ozon durchaus nicht an den Blitzschlag ausschließlich gebunden ist; der Blitz zeichnet sich eben nur dadurch aus, daß er Ozon plötzlich und in sehr bedeutender Menge erzeugt, so daß die Geruchsnerven und ebenso die Athmungswerkzeuge sofort in der heftigsten Weise afficirt werden. Diesem Umstande dürfte es wohl in den meisten Fällen zuzuschreiben sein, wenn Zeugen eines Blitzschlages von dem Auftreten erstickender schwefliger Dämpfe erzählen. Hiermit soll jedoch keines-

wegs behauptet werden, daß Gase oder Dämpfe anderer Art niemals als Folge eines Blitzschlages auftreten können. Durch eine elektrische Entladung, und somit auch durch den Blitz, können sowohl Stoffe, die sonst unverbunden nebeneinander bestehen, zu Verbindungen vereinigt, als auch Verbindungen in ihre Bestandtheile zerlegt werden; die eine und die andere Wirkung kann aber unter Umständen zur Entwicklung von Gasen oder Dämpfen führen.

6. Spectra der Blitze.

Bisher wurde einer Untersuchungsmethode, welche auf alle Lichterscheinungen und daher auch auf die Blitze anwendbar ist, nur oberflächlich gedacht (S. 393). Da diese Methode, die Spectralanalyse, aber geeignet erscheint, Aufklärungen über die physikalische Natur der Blitze zu geben, mögen ihr nachstehend einige Zeilen gewidmet werden. Schon Newton hat nachgewiesen, daß das Sonnen- und Tageslicht und überhaupt weißes Licht nur durch das Zusammenwirken von Lichtstrahlen aller Farben entsteht und daß man dieses weiße Licht durch ein sehr einfaches Mittel, ein Glasprisma, in seine Bestandtheile zerlegen kann.

Läßt man durch eine feine, runde Oeffnung im Fensterladen einen Sonnenstrahl in ein dunkles Zimmer treten, so erzeugt dieser, auf einem Schirme oder auf der Wand aufgefangen, einen runden, hellen Lichtfleck. Läßt man diesen Lichtstrahl jedoch auf ein Glasprisma fallen (Fig. 161), so geht der Lichtstrahl nicht mehr in gerader Richtung bis an den Schirm, sondern er wird abgelenkt; der Strahl hört aber auch auf, ein einfacher Strahl zu sein, er tritt vielmehr als ein divergirendes Büschel von Lichtstrahlen in allen Farben heraus. Die Anordnung und Aufeinanderfolge der einzelnen Farben, welche ineinander übergehen, ist stets eine ganz bestimmte und unveränderliche und gleicht jener des Regenbogens. Die von der ursprünglichen Richtung des Strahles am wenigsten abgelenkten Lichtstrahlen (die untersten in der Figur) erscheinen in rother Farbe, die am stärksten abgelenkten Strahlen in violetter Farbe. Die Aufeinanderfolge der ineinander übergehenden Farben ist folgende: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Ein mattes Bild der überaus prächtigen Erscheinung gewährt die erste Figur auf Tafel X.

Dieser Versuch lehrt, daß das weiße Licht kein einfaches ist, sondern aus unzählig vielen farbigen Strahlen zusammengesetzt wird. Das Prisma hat diese Strahlen aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt, und zwar ungleich stark abgelenkt, und in dieser Weise eine Zerlegung oder Analyse der Strahlen ausgeführt, als deren Resultat das prächtige Farbenbild oder

Spectrum entstand. Daß wir es in diesem Experimente in der That mit der Zerlegung weißer Lichtstrahlen in deren farbige Bestandtheile zu thun haben, läßt sich einfach dadurch beweisen, daß man die farbigen Strahlen wieder vereinigt, wobei man dann abermals weißes Licht erhalten muß. Bekanntlich gelingt es durch bestimmt geformte Linsen (Brenngläser), die Sonnenstrahlen in einen Punkt (oder richtiger gesagt auf eine sehr kleine Fläche)

Fig. 161.

Zerlegung des weißen Lichtes durch das Prisma.

in den Brennpunkt zu concentriren. Fängt man nun mit einer ähnlich wirkenden Linse das Spectrum auf, läßt aber die farbigen Strahlen sämmtlich durch die Linse gehen, so werden sie durch diese wieder vereinigt und treten auf der Rückseite der Linse thatsächlich als weißes Licht wieder aus.

Schon die tägliche Erfahrung lehrt uns, daß nicht alle Lichtquellen dieselbe Farbe besitzen, und wir werden daher schon hieraus vermuthen müssen, daß es nicht gleichgiltig sein könne, ob zur Erzeugung des Spectrums Sonnenlicht oder ein anderes Licht verwendet wird. Da, wie gezeigt wurde, das Spectrum nichts anderes ist, als das in seine farbigen Bestandtheile zerlegte Licht des leuchtenden Körpers, als welchen wir uns an Stelle der Sonne

ebensogut einen Stern, eine irdische Lichtquelle oder auch einen Blitzstrahl vorstellen können, so können im Spectrum offenbar nur jene Farben auftreten, für welche der leuchtende Körper Strahlen versendet; es wird also z. B. eine mit rein gelber Farbe leuchtende Lichtquelle (etwa eine Weingeistflamme, in welche Kochsalz gebracht wurde) ein Spectrum erzeugen, in welchem nur das Gelb erscheint, alle übrigen Farben aber fehlen.

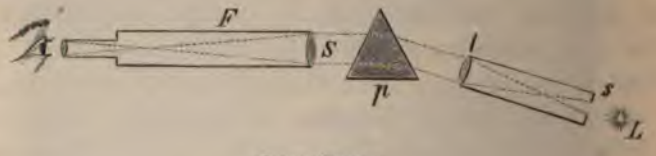
Wir hatten schon einmal Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß gewissen Stoffen, zum Glühen erhitzt, bestimmte Farben des von ihnen ausgestrahlten Lichtes zukommen (Geißler'sche Röhren, S. 77); es wird uns daher nicht Wunder nehmen, zu erfahren, daß sämmtlichen Körpern, welche man unzersetzt in leuchtende Dämpfe verwandeln kann, ein ganz bestimmtes Spectrum entspricht. Körper, welche jedoch im festen oder flüssigen Zustande zum Leuchten gebracht werden, erzeugen ein Spectrum, ähnlich dem erstbeschriebenen, d. h. es erscheinen im Spectrum alle Farben in ununterbrochener, stets gleichbleibender Reihenfolge. Eine Gasflamme (deren Leuchten bekanntlich durch das Glühen fester Kohlentheilchen zustande kommt), Magnesiumlicht, Drummond'sches Kalklicht, elektrisches Licht bei Anwendung vollkommen reiner Kohlenstäbe, ein weißglühendes festes oder geschmolzenes Metall, alle festen und flüssigen Körper erzeugen lückenlose Spectra, die sich von einander nur dadurch unterscheiden, daß die einzelnen Farbengruppen nicht dieselbe Ausdehnung besitzen. Man nennt derartige Spectra *continuirliche* zum Unterschiede von jenen der Gase und Dämpfe, welche man *discontinuirliche* nennt, da bei diesen das ganze Spectrum aus einer größeren oder geringeren Anzahl farbiger Streifen besteht, die von einander durch größere oder kleinere dunkle Zwischenräume getrennt sind (wie dies z. B. aus dem in einem folgenden Abschnitte zu besprechenden Spectrum des Nordlichtes Tafel X zu ersehen ist). Die Farbe dieser Streifen entspricht jener, welche an derselben Stelle vorhanden wäre, wenn Sonnenlicht das Spectrum gebildet hätte.

Zahlreiche Untersuchungen haben dargethan, daß jeder Körper, der in Dampf- oder Gasform zum Leuchten gebracht werden kann, ein ausschließlich ihm angehöriges Spectrum erzeugt und daß dieses Spectrum ein absolut verläßliches Mittel ist, die chemische Zusammensetzung eines solchen glühenden Dampfes oder Gases zu erfahren. Diese Methode setzt uns also in den Stand, Körper auf ganz beliebige Entfernung hin bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung mit voller Sicherheit zu prüfen, vorausgesetzt, daß sie in Form leuchtender Gase oder Dämpfe vorhanden sind. Es ist hier nicht der Ort, hierauf näher einzugehen, doch möge zum Verständnisse des Nachstehenden noch folgendes bemerkt werden. Wird das Sonnenspectrum in geeigneter Weise erzeugt, so nimmt man in diesem schon bei ganz oberflächlicher

Betrachtung eine Anzahl paralleler dunkler Linien wahr (Taf. X), die in dem Continuum anderer Lichtquellen, z. B. des Drummond'schen Kalklichtes, fehlen. Diese Linien zeigen also, daß auch in den auf unsere Erde gelangenden Sonnenstrahlen in allen Farben einzelne Strahlengattungen fehlen. Die Zahl dieser Linien, welche nach ihrem Entdecker Fraunhofer benannt wurden, ist eine sehr große (in Figur 165 und auf der Tafel sind nur einige Hauptlinien eingezeichnet); sie werden mit Buchstaben bezeichnet, welche auch für die hellen Linien der discontinuirlichen Spectra, soweit sie mit dunklen oder Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum zusammenfallen, verwendet werden. So besteht z. B. das Spectrum des Natriums aus einer gelben Doppellinie, welche mit den Fraunhofer'schen Linien D des Sonnenspectrums zusammenfällt u. s. w.

Aus dem bisher Gesagten kann wohl schon ersehen werden, daß es zur Erklärung der physikalischen Natur des Blitzes von Wichtigkeit sein müsse,

Fig. 162.

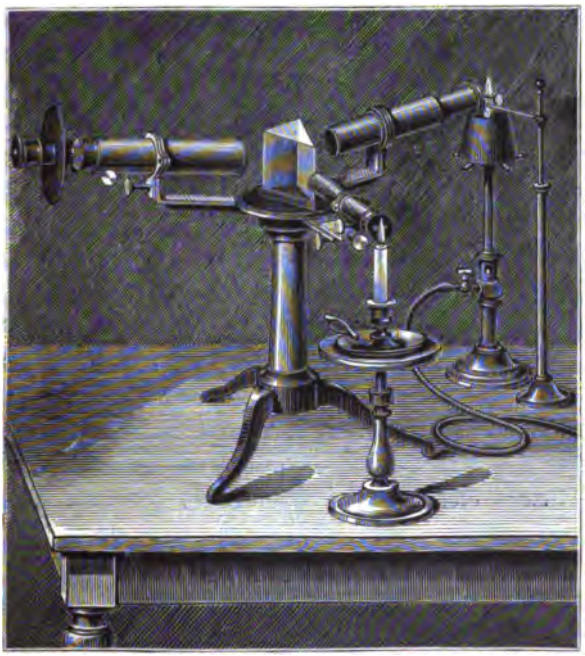


Spectralapparat.

dessen Spectrum zu studiren. Bevor wir jedoch auf die Resultate der spectralen Untersuchungen näher eingehen, müssen wir einige Worte vorausschicken über die Art, in welcher diese Untersuchungen angestellt werden, denn es ist klar, daß sich die oben geschilderte Art der Erzeugung eines Spectrums zu solchen und ähnlichen Untersuchungen nicht eignet. Man bedient sich hierzu vielmehr der sogenannten Spectralapparate oder Spectroskope. Das Princip eines solchen möge an Figur 162 erläutert werden. Die von der Lichtquelle L ausgehenden Strahlen gelangen durch einen feinen Spalt s und die Linse l in paralleler Richtung auf das Prisma p, werden durch dieses aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt und zerlegt, und diese zerlegten Strahlen oder das Spectrum betrachtet man dann durch das Fernrohr F. In Figur 163 ist ein vollständiges Spectroskop in der gegenwärtig gebräuchlichen Form in perspectivischer Ansicht dargestellt. Als Lichtquelle ist hier ein Bunsen'scher Gasbrenner angenommen, dessen Flamme den zu untersuchenden Körper in glühenden Dampf zu verwandeln hat; den Körper selbst bringt man mit Hilfe eines Platindrahtes, der durch ein Stativ gehalten werden kann, in die Flamme. Die derselben gegenüberstehende

Prismenfläche erhält durch das Collimatorrohr, so nennt man das den Spalt (s in Fig. 162) und die Sammellinse (l, Fig. 162) tragende Rohr, die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen, die dann in der gerade vorher angegebenen Weise weitergehen und durch das (in Figur 163 linker Hand gezeichnete) Fernrohr in das Auge des Beobachters gelangen. In der perspectivischen Zeichnung ist auch noch ein drittes Rohr, das Scalenrohr, sichtbar;

Fig. 163.



Spectralapparat nach Bunsen.

dieses trägt an seinem dem Prisma abgewandten Ende eine durch eine Kerzenflamme beleuchtete feine Theilung (Scala), an dem zugewandten Ende eine Sammellinse. Das Bild dieser Theilung gelangt durch totale Reflexion an der vorderen Fläche des Prismas gleichfalls in das Fernrohr, so daß also der Beobachter gleichzeitig Scala und Spectrum erblickt, also die Stellung der einzelnen Spectrallinien zu einander durch die Scala feststellen kann.

Ein solcher Apparat, mit seiner Spaltöffnung gegen jene Stelle des Firmamentes gerichtet, an welcher Blitze zu erwarten sind, würde allerdings und namentlich Nachts gestatten, das Spectrum der Blitze zu beobachten, wäre aber bezüglich seiner Handhabung für diesen Zweck doch immerhin

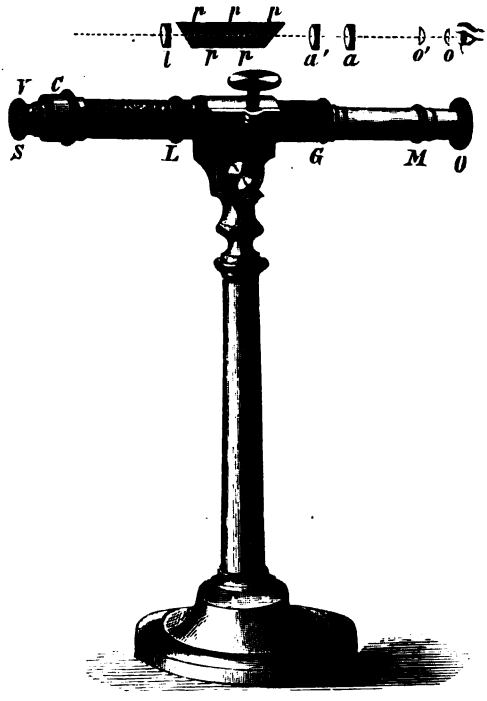
unbequem. Für den Zweck dieser und ähnlicher Beobachtungen werden sich vielmehr Apparate, bei welchen die Axen des Collimator- und des Fernrohres in eine gerade Linie fallen, ihrer bequemen Handhabung wegen viel besser eignen. Die Construction eines derartigen Spectroskopes (à vision directe) wurde schon im Jahre 1860 von Amici durch entsprechende Combination von Prismen aus Crown- und Flintglas erreicht. Später haben auch Hofmann und Browning solche Spectroskope hergestellt.

Das Hofmann'sche Taschenspectroskop ist in Figur 164, auf ein Stativ geschraubt, dargestellt und oberhalb desselben sind die einzelnen Theile in derselben Lage gezeichnet, welche sie im darunter befindlichen Rohre einnehmen (Schellen). An dem vorderen nach der Lichtquelle gerichteten Theile befindet sich der Spalt S, der durch zwei Stahlschneiden gebildet wird und vermittelst einer Schraube V und einer entgegenwirkenden Feder leicht erweitert und verengt werden kann. Bei L ist die Linse l eingefügt, welche die durch den Spalt S divergirend einfallenden Lichtstrahlen parallel macht und auf die dahinter gestellten fünf Prisma p wirft. Letztere, von denen das erste, dritte und fünfte Crownglas, das zweite und vierte Flintglas sind, bilden ein vortrefflich zusammengesetztes System mit so bemessenen Winkeln, daß die aus demselben austretenden farbigen Spectralstrahlen die Richtung der einfallenden Strahlen haben und daher in dem Rohre L G M O, in welchem die vereinigten Prismen die Stelle zwischen L und G einnehmen, geradlinig fortgehen. Die Linsen a' und a hinter G bilden das Objectiv, o' und o in dem ausziehbaren kleinen Rohre O das Ocular des Fernrohres, durch welches man das Spectrum betrachtet. Mit diesem oder einem Browning'schen Spectroskop, welches vorzügliche Dienste leistet und nur $3\frac{1}{2}$ Zoll lang ist, lassen sich, wie leicht einzusehen, Spectralbeobachtungen von Blitzen recht gut ausführen.

Da der Blitz identisch mit dem elektrischen Funken ist, so darf man wohl mit Recht voraussetzen, daß auch das Spectrum des Blitzes jenem des elektrischen Funkens gleichen wird. Was nun aber den elektrischen Funken, oder allgemeiner ausgedrückt, eine elektrische Entladung unter Lichtentwicklung anbelangt, so wissen wir, daß eine solche unter sehr verschiedenen Umständen eintreten kann, und daß daher auch die Lichtentwicklung selbst sich verschiedenartig gestaltet. Dem schon mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren verschiedenartigen Aussehen solcher Lichtentwicklungen entsprechen nun auch verschiedene Spectra. Wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, kommt der elektrischen Lichtentwicklung als solcher kein ihr speciell eigenthümliches oder sie charakterisirendes Spectrum zu, sondern letzteres ist durch die Umstände bedingt, unter welchen die elektrische Entladung stattfindet. Im allgemeinen läßt sich über die Spectra

der elektrischen Funken nur sagen, daß sich diese zusammensetzen aus einer größeren oder geringeren Anzahl heller Linien oder Liniengruppen, oder aus mehr oder weniger scharf begrenzten, breiten Farbenstreifen (Banden) auf ganz dunklem Hintergrunde, oder auf einem Hintergrunde, der durch ein mehr oder minder deutlich wahrnehmbares Continuum gebildet ist. Einige Beispiele werden dies näher erläutern.

Fig. 164.



Spectroskop nach Hofmann.

Sieht man zunächst von der Form der elektrischen Entladung (Funke, Büschel- und Glimmlicht) ab, so wird schon das unbewaffnete Auge unschwer wahrnehmen, daß die Farbe des Funkens sich ändert, je nachdem derselbe in freier Luft, in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder in der eines anderen Gases zustande kommt, je nachdem wir ihn zwischen Elektroden aus diesem oder jenem Metalle überschlagen lassen. Den Einfluß des Mediums auf die Farbe des elektrischen Funkens erkannten wir bereits aus Tafel II (vergl. S. 77). Im engen (spectralen) Theile der Geißler'schen Röhre, in welchem das Licht am concentrirtesten erscheint, zeigt der Funke ein helles Grünlichweiß in Kohlen-

dioxyd, ein feuriges Roth in Wasserstoff, ein intensives Blau in Kieselfluorwasserstoff u. s. w.*) Bringt man diese Röhren mit ihrem verengten Theile vor den Spalt eines Spectralapparates, so erhält man demgemäß auch ganz verschiedene Spectra. Ein Blick auf die Figuren 166 bis 168, welchen zur Vergleichung in Figur 165 das Sonnenspectrum vorgesetzt ist, läßt dies sofort erkennen. Im Wasserstoffgase erzeugt der elektrische Funke ein Spectrum, welches im wesentlichen aus drei hellen Linien auf dunklem Hintergrunde besteht: einer feurigrothen, einer grünen und einer blauen. In Stickstoff, und wie wir gleich hier verrathen wollen, in atmosphärischer Luft erzeugt der elektrische Funke ein Spectrum, welches sich aus zahllosen, fast über das ganze Continuum vertheilten Liniengruppen zusammengesetzt. In Leuchtgas (Kohlenwasserstoffen) oder in Olivenöl, Mandelöl, überhaupt kohlenstoffhaltigen Verbindungen erzeugt der elektrische Funke ein Spectrum, welches sich der Hauptsache nach aus vier Gruppen mehr oder minder deutlich begrenzter Banden zusammensetzt, welche auf dunklem oder theilweise in der betreffenden Farbe des Continuums erhellten Hintergrunde sichtbar werden. Läßt man kräftige elektrische Funken, wie solche mit einem großen Inductorium (S. 76) unter Einschaltung von Kleist'schen Flaschen erhalten werden, überschlagen, so erhält man Spectra, die sich aus einer größeren oder geringeren Anzahl heller Linien zusammensetzen; hierbei bemerkt man sofort, daß die Farbe dieser Linien, also ihr Platz im Continuum ausschließlich durch die Natur der Metalle bestimmt wird, aus welchen die Elektroden gefertigt sind. Somit sind also die hier erwähnten Spectra nicht dem elekrischen Funken als solchen, sondern den betreffenden Gasen, in welchen der Funke zustande kommt, beziehungsweise jenen Metallelektroden, zwischen welchen der Funke überschlägt, zuzuschreiben; es sind daher Gas-, beziehungsweise Metallspectra.

Vergleicht man das Spectrum des Wasserstoffgases mit jenem des Kohlenwasserstoffes (oder dem ihm sehr ähnlichen des elektrischen Funkens in Oel), so bemerkt man noch einen wesentlichen formalen Unterschied. Das erstere besteht aus wenigen, scharf begrenzten hellen Linien, das letztere setzt sich der Hauptsache nach aus vier Gruppen von nicht sehr scharf begrenzten Banden zusammen. Man nennt daher auch Spectra der ersten Art Linienspectra, Spectra der letztgenannten Art Bandenspectra. Zahlreiche Untersuchungen rechtfertigen die Annahme, daß Linienspectra erzeugt werden, wenn der elektrische Funke kräftig genug ist, um Dämpfe oder Gase zu intensiver Glut zu bringen; ist dies nicht der Fall, so verlieren die Linien an Schärfe,

*) Leider ist es nicht gelungen, in Farbendruck meinem Originale vollkommen entsprechende Abbildungen herzustellen.

gehen in Banden oder endlich sogar in ein mehr oder weniger zusammenhängendes Continuum über; im letzteren Falle glühen dann eben nur feste Theilchen, da die Intensität des Funkens nicht ausreicht, um sie in leuchtende

Fig. 165.

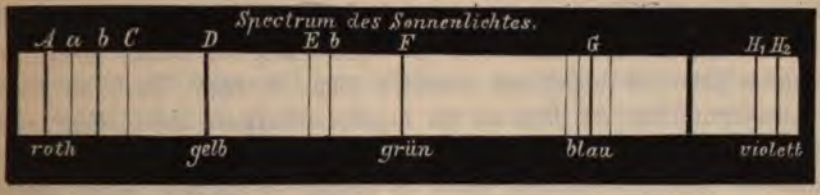
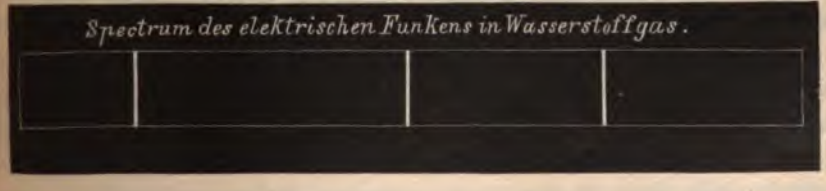


Fig. 166.

Fig. 167.

Fig. 168.



Dämpfe zu verwandeln. So erhielt Abt in Klausenburg, als er den Funken in Olivenöl überspringen ließ, zunächst ein Spectrum, bestehend aus einzelnen von einander getrennten Banden, die aber alsbald ineinander flossen und in ein Continuum übergingen. Die anfänglich gasförmige Funkenbahn ging also wahrscheinlich alsbald in eine von festen glühenden Theilchen erfüllte über.

Werfen wir nochmals einen Blick auf Tafel II, so muß uns sofort auffallen, daß bei jeder der daselbst abgebildeten drei Röhren der im spectralen Theile concentrirte Funke seiner Farbe nach wesentlich verschieden ist von der Lichthülle, welche sich um die negative Elektrode frei nach allen Seiten hin ausbreitet: In der mit Kohlendioxyd gefüllten Röhre entspricht dem grünlichen Weiß im engen Theile ein gesättigtes Lavendelblau an der negativen Elektrode, in der Wasserstoffröhre dem Roth im engen Theile ein blasses Violett am negativen Pole und endlich dem intensiven Blau im engen Theile der Kieselfluorwasserstoffröhre ein Rosa an der negativen Elektrode dieser Röhre. Wir ersehen hieraus, daß die Farbe des elektrischen Funkens nicht nur von der Natur des Mediums bestimmt wird, in welchem er zustande kommt, sondern daß auch die Form des Funkens selbst, also die Entladungsart, hierauf wesentlichen Einfluß hat; naturgemäß ändert sich hiermit aber auch das Spectrum. Van der Willigen beobachtete bereits, daß das Büschel- und Glimmlicht ein anderes Spectrum liefert als der elektrische Funke. Auch Dove war es nicht entgangen, daß die Steigerung der Helligkeit von dem schwach leuchtenden Büschellichte zum hellen Funken eine wesentliche Aenderung des Spectrums mit sich bringt.

A. Schimkow studirte die spectralen Unterschiede der verschiedenen Funkenformen mit Hilfe der Holtz'schen Influenzmaschine. Zuerst wurde durch Anwendung der derselben gewöhnlich beigegebenen Leydenerflasche eine Funkenentladung zwischen Messingelektroden in freier Luft erzeugt und hierbei das schon früher von Masson, Angström und van der Willigen beschriebene glänzende Spectrum, bestehend aus hellen und gefärbten Streifen auf verhältnißmäßig dunklem Hintergrunde, beobachtet. Wurde hierauf die Flasche von der Maschine entfernt, so ging dann, ohne daß sonst etwas an der Maschine geändert wurde, die Funkenentladung in eine Büschelentladung über und konnte nun das Büschellicht spectraliter untersucht werden. Dieses Spectrum war außerordentlich schwach und besonders schwach der rothe und gelbe Theil; Streifen ließen sich nur in dem blauen und violetten Theile erkennen. Eine nähere Prüfung des Spectrums läßt dieses als Stickstoffspectrum erkennen; dieses durch elektrische Ausströmung oder durch elektrisches Büschellicht erzeugte Stickstoffspectrum ist, namentlich im blauen und violetten Theile, durch eine Anzahl nahezu gleich breiter Banden ausgezeichnet, welche gegen den rothen Theil des Spectrums zu scharf abgegrenzt, gegen den violetten Theil hin aber abschattirt sind und daher den Eindruck machen, als ob sie gekrümmt wären — das ganze Spectrum gleicht einem cannelirten farbigen Streifen. (Vergl. Fig. 166.)

Als Schimkow die Büschelentladung der Holtz'schen Maschine durch Einschaltung einer Leydenerflasche in eine Funkenentladung übergehen ließ,

constatirte er, daß jede Bande im Blau und Violett des Büschellichtes mit einer hellen Linie des Funkenspectrums zusammenfällt. Der Mangel an Roth und Gelb im Spectrum des Büschellichtes führte zu dem Schlusse, daß die Luft bei den verschiedenen Erregungen, welche der Funken-, beziehungsweise Büschelentladung entsprechen, verschiedenes Licht ausstrahlt. Da die Funkenentladung nur durch Anwendung der Leydenerflasche, die Büschelentladung aber ohne diese erhalten wird, so ist die Verschiedenheit der Spectra offenbar durch die geringere oder höhere Erhitzung bestimmt, welche die Luft durch die Büschel- oder Funkenentladung erfährt. Es ist experimentell sichergestellt worden, daß bei Büschel- oder Glimmlichtentladung in Luft nur der Stickstoff leuchtet und ein Spectrum erzeugt, der Sauerstoff hieran jedoch unbetheiligt bleibt. Die Funkenentladung hingegen erhöht jedoch nicht nur das Glühen des Stickstoffes, sondern bringt auch den Sauerstoff der Luft zum Leuchten. Man erhält daher ein Spectrum, welches sich zusammensetzt aus einem (der Funkenentladung entsprechend geändertem) Stickstoffspectrum und den vom Sauerstoffe herrührenden hellen Linien.

Kehren wir nun zum Blitze zurück, so werden wir als Spectrum des Blitzes entweder jenes des elektrischen Funkens oder das des elektrischen Büschellichtes zu erwarten haben, je nachdem der Blitz seiner Natur nach der einen oder anderen Entladungsart gleicht. Die Spectralbeobachtungen des Blitzes werden uns also Aufschluß über dessen physikalische Natur geben; das Spectrum wird verrathen, welche Stoffe im Blitze zum Leuchten kommen, es wird aber auch anzeigen, ob der Blitz eine Funkenentladung oder eine Büschelentladung war, da es sich im ersteren Falle hauptsächlich aus hellen Linien, im letzterem Falle aber aus mehr oder weniger deutlich abgegrenzten Banden zusammensetzen wird. Die Spectralanalyse ist daher, wie schon weiter oben (S. 393) angedeutet wurde, dazu geeignet, auch zu unterscheiden, ob die Flächenblitze wirklich eine von den Linienblitzen verschiedene Form der elektrischen Entladung darstellen oder nicht; auch die Frage bezüglich der Natur des Wetterleuchtens kann hierdurch ihrer Lösung näher gebracht werden.

Wie Schellen berichtet, wurden Blitzspectra zuerst von Herschel gelegentlich eines Sturmes, bei welchem sehr viele Blitze auftraten, beobachtet. Das Handspectroskop ließ helle Linien erkennen, von welchen am hellsten eine blaue Stickstofflinie auftrat, außerdem aber auch die rothe Wasserstofflinie vorhanden zu sein schien; zugleich zeigte sich auch ein helles Continuum. Einer genaueren Untersuchung wurden die Blitzspectra jedoch von August Kundt und später von Vogel und Lohse unterworfen. Kundt beobachtete in Zürich und Berlin mit Hilfe eines Hofmann'schen Spectroskopes (S. 508). Er erkannte während eines Gewitters im Juli 1867 das Blitzspectrum als durch

den Stickstoff der Luft hervorgebracht. Er erhielt jedoch an Stelle eines Linienspectrums in einigen Fällen ein Bandenspectrum; als die Beobachtungen vielfach wiederholt wurden, ergab sich das Auftreten des Bandenspectrums als überwiegend gegenüber dem Linienspectrum. Das Gewitter im Juli 1867 entlud sich über Berlin um 9 Uhr Morgens, bei vollem Tageslichte, es wurde daher in dem gegen die Wolken gerichteten Spectroskope auch ein vollständiges Continuum gesehen. Auf diesem Hintergrunde blitzten viele helle Linien auf, besonders hell zwei in Roth, drei bis vier in Grün und einige in Blau.

Während eines Abendgewitters im Juli 1868 und eines Gewitters im August desselben Jahres wurden in Zürich 25, beziehungsweise 30 Blitze spectraliter untersucht und hierbei ergab sich, daß die Linienspectra nicht alle unter einander gleich waren. Es wechselten sowohl die Linien selbst, als auch die Intensität derselben. Ebenso ergaben sich auch Verschiedenheiten bei dem bedeutend häufiger beobachteten Bandenspectrum; auffallendere Lichterscheinungen wechselten in Blau und Violett, aber auch in Grün und Roth. Auch das kam vor, daß ein gut ausgeprägtes Linienspectrum in ein Bandenspectrum überging. Bei dem Gewitter vom 10. August wurden auf 6 Linienspectra 11 Bandenspectra gezählt, wobei die Beobachtung der ersteren stets auf Linienblitze, die der letzteren auf Flächenblitze sich bezog. Hierzu muß ferner bemerkt werden, daß die Linienblitze in vorzugsweise weißem Lichte leuchteten und von kurzem kräftigen Donner gefolgt waren, während sich die Flächenblitze bläulich, violett oder auch röthlich zeigten und von schwächerem Donnerrollen begleitet wurden. Die Gase, welche sich im Blitzspectrum hauptsächlich verrathen, sind Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlendioxyd.

H. Vogel und Lohse untersuchten das Blitzspectrum im September 1871 auf der Sternwarte zu Bothkamp während eines abendlichen, sehr heftigen Gewitters und versuchten einige der hellsten Linien, soweit es das plötzliche und unvorherbestimmbare der Erscheinung gestattet, zu messen. Hierbei constatirten sie einmal das Auftreten einer Sauerstofflinie, zweimal das einer Wasserstofflinie, und von jenen Linien, welche dem Luftspectrum angehören, eine sehr helle nebst mehreren schwächeren fünfmal, eine andere ziemlich helle einmal und ein helles Band zweimal.

Die Spectralbeobachtungen des Blitzes haben also in der That zu jenem Ergebnisse geführt, welches man nach Untersuchung der Spectra des elektrischen Funkens zu erwarten berechtigt war. In den meisten Fällen wurde das Spectrum der Luft, beziehungsweise des Stickstoffes, wahrgenommen, häufig die Anwesenheit von Wasserstoffgas beobachtet und in manchen Fällen machte sich auch das Spectrum des Sauerstoffes oder jenes des Kohlendioxydes geltend. Das Auftreten aller dieser Spectra findet in der Erscheinung

des Blitzes selbst seine einfache Erklärung. Wenn der Blitz von den Wolken zur Erde niederfährt, bringt er in erster Linie den Stickstoff der Luft zum Glühen und Leuchten, wie wir dies auch bei den elektrischen Funken in freier Luft erfahren haben. Der zweite Hauptbestandtheil der Luft, der Sauerstoff, macht sich aber erst dann im Spectrum bemerkbar, wenn die elektrische oder Blitzentladung eine sehr heftige ist; diese erklärt uns auch ganz ungezwungen das Auftreten von Wasserstofflinien, indem wir die Anwesenheit von Wasserstoffgas als herrührend von der elektrolytischen Zersetzung des Wasserdampfes durch den Blitz zu betrachten haben. Da schließlich Kohlendioxyd der atmosphärischen Luft stets in größerer oder geringerer Menge beigemengt ist, so kann uns auch das Auftreten des Spectrums dieses Gases nicht befremden.

Was nun die Form der Blitzspectra anbelangt, so finden wir jene beiden Arten, das Linien- und das Bandenspectrum wieder, welche wir bei den elektrischen Entladungen unserer Influenzmaschine kennen gelernt haben. Wollen wir also von den hierbei gewonnenen Erfahrungen auf die Form der Blitzentladungen zurückschließen, so müssen wir auch für diese zweierlei Formen, nämlich die Funkenentladung und die Büschel- und Glimmentladung annehmen. Der Unterschied zwischen den Linien- und Flächenblitzen würde sonach kein scheinbarer, sondern ein thatsächlich vorhandener sein, und seine ungezwungene Erklärung darin finden, daß man die Flächenblitze als Büschel- oder Glimmlichtentladungen, die Linienblitze als Funkenentladungen aufzufassen habe, da ja für erstere das Banden-, für letztere das Linienspectrum beobachtet wurde. Nach dieser Erklärung wäre es auch unschwer einzusehen, daß die Flächenblitze, beziehungsweise die Bandenspectra, bedeutend öfter beobachtet werden als die Linienblitze und deren Linienspectra. Für das Auftreten eines Funkens oder eines Linienblitzes ist eine gewisse erhebliche elektrische Spannung erforderlich, während das Ausströmen der Elektricität in Büschelform schon bei viel geringeren Ladungen eintritt. Es ist nun aber leicht einzusehen, daß die physische Beschaffenheit der Wolken und die in höheren Schichten herrschende Luftverdünnung viel mehr geeignet sind, Büschelentladungen zu ermöglichen, als das Ueberschlagen eines Linienblitzes. — Ob auch das donnerlose Wetterleuchten als Büschel- oder Glimmentladung aufzufassen ist, kann vorläufig allerdings noch nicht entschieden werden; jedenfalls scheint aber die Spectralanalyse ein Mittel an die Hand zu geben, um der Lösung dieser Frage näher zu kommen.

7. Der Kugelblitz.

Es ist nur ein Umstand, in welchem der Physiker nicht das zu erzeugen weiß, was die Natur mit so großer Leichtigkeit hervorruft; er weiß

nicht den Kugelblitz nachzuahmen; er versteht nicht, diese kugelförmigen Ansammlungen der Materie hervorzurufen, welche sich langsam bewegen, ohne dabei die Eigenschaft, Körper zu entflammen, zu verlieren. Es existirt in Bezug hierauf eine Lücke in der Wissenschaft, welche auszufüllen von großer Wichtigkeit wäre.

In dieser Weise hat sich noch Arago in seiner »Notice sur le Tonnerre« ausgesprochen. Gegenwärtig liegen aber Versuche und Beobachtungen vor, welche geeignet erscheinen, auch diese merkwürdige Form des Blitzes unserem Verständnisse näher zu bringen. Eine zufällige hierher gehörige Beobachtung wurde, wie Th. du Moncel mittheilt, überdies schon im Jahre 1787, und eine zweite vor ungefähr 25 Jahren gemacht.

In einer Abhandlung des Abbé Bertholon, veröffentlicht im Jahre 1787, findet sich nämlich eine Stelle, welche besagt, daß die beiden Physiker Arden und Constalle in einer Glasglocke Elektricität angesammelt hatten und eines Tages eine Feuerkugel von $^3/_4$ Zoll Durchmesser entstehen sahen, welche sich um ihre Axe drehte. Er glaube hiernach, daß man die Kugelblitze als eine große Ansammlung elektrischen Feuers zu betrachten habe. Der zweite Fall betrifft eine zufällige Beobachtung Noad's in London, welche bei Experimenten, bei denen eine kolossale Batterie zur Verwendung kam, gemacht wurde. Man sah von einer der Kugeln einer langen Entladungsröhre, welche unvollständig ausgepumpt war, eine Feuerkugel sich loslösen, die langsam die Röhre entlang hinabfiel und augenblicklich verschwand, nachdem sie die andere Kugel des Apparates erreicht hatte. Man gab sich Mühe, diese Erscheinung neuerdings hervorzurufen, jedoch trotz aller Versuche ohne Erfolg.

Gegenwärtig sind jedoch dreierlei Methoden bekannt, elektrische Lichterscheinungen in Kugelform hervorzurufen. Zwei derselben haben wir bereits kennen gelernt; es sind dies der Strom der Secundärelemente, durch welchen Planté seine elektrisch leuchtenden Flüssigkeitskugeln hervorrief (S. 79 u. f.), und die elektrischen Entladungen in Geißler'schen Röhren, bei welchen der Verfasser vorliegenden Werkes und Reitlinger unter gewissen Bedingungen die vollkommen freischwebende elektrisch leuchtende Lichtkugel erhielten (S. 78 u. Taf. III). Angeregt durch Planté's »Recherches sur l'électricité« glaubten wir auf die Analogie der bei unseren Experimenten*) beobachteten Erscheinung mit den Kugelblitzen um so eher hinweisen zu sollen, als unsere Lichtkugel und deren Verhalten, wie nachstehend gezeigt werden soll, nicht nur mit Th. du Moncel's und Planté's Experimenten und Ansichten in keinerlei

*) Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, LXXXII, 652; die elektrisch leuchtende Lichtkugel wurde am 9. August 1876 zuerst beobachtet.

Widerspruch zu stehen scheint, sondern auch einige Schwierigkeiten derselben vielleicht zu beseitigen vermag. Die dritte Methode endlich besteht in der Leitung von Inductionsströmen über ungleichmäßig benetzte Flächen.

Bevor wir jedoch auf diese Experimente und die hierauf basirenden Erklärungsversuche näher eingehen, sei vorläufig noch einer Theorie flüchtig erwähnt, welche von Tessan aufgestellt wurde. Hiernach ist der Kugelblitz als eine kräftig geladene Leydenerflasche zu betrachten, wo die isolirenden Wände statt aus Glas aus einer trockenen sphärischen Luftschicht gebildet sind; in dieser ist die Luft sehr verdichtet infolge der gegenseitigen Anziehung, welche die an den beiden Flächen dieser Schicht angehäuften Elektricitäten auf einander ausüben; im Inneren befindet sich mehr oder weniger verdünnte und daher die Elektricität mehr oder weniger gut leitende Luft.

Thatsächlich würde eine derartig zusammengesetzte Leydenerflasche, infolge der langsam fortschreitenden Ausgleichung beider Elektricitäten durch die doch nicht vollkommen isolirend verdichtete Luftschicht hindurch, den Anblick einer leuchtenden Kugel gewähren. Diese würde nach außen hin auf andere Körper nur schwache Anziehungs- oder Abstoßungswirkungen ausüben können, weil der größte Theil der Elektricität gebunden erscheint. Sie könnte leichter oder schwerer sein als die verdrängte Luft, je nach der größeren oder geringeren Verdünnung in ihrem Innern, entsprechend der geringeren oder bedeutenderen Verdichtung der isolirenden Luftschicht und endlich entsprechend der Höhe der Temperatur. Sie kann auch derart beweglich sein, daß sie dem geringsten Anstoße der umgebenden Luft folgt. Gelangt sie durch einfache äußerliche Berührung mit der Erde in elektrische Verbindung, so beharrt sie in ihrem ursprünglichen Zustande, denn sie wird hierbei nur jene geringe Menge von Elektricität verlieren können, welche sich in diesem Momente ungebunden auf der äußeren Fläche befindet. Durchdringt jedoch ein Leiter, wenn auch ein isolirter, die isolirende Luftschicht derart, daß er die äußere mit der inneren Fläche leitend verbindet, dann vereinigen sich die auf den beiden Flächen angesammelten Elektricitätsmengen augenblicklich durch den leitenden Körper und dann verschwindet auch der von den Elektricitäten infolge ihrer gegenseitigen Anziehung auf die isolirende Luftschicht ausgeübte Druck; diese Luft stürzt plötzlich nach außen und in das innerhalb befindliche Vacuum — mit einem Worte, es findet eine Explosion statt.

Die Explosion wird desto kräftiger sein, je stärker bevor die Luft in der isolirenden Schicht zusammengepreßt war, das heißt also, je kräftiger die elektrische Ladung, je höher die Verdünnung im Innern und je höher die Temperatur war. Die Wiedervereinigung der Elektricitäten durch die isolirende Luftschicht hindurch wird Gelegenheit zur Bildung von Ozon geben, das sich

nach der Explosion durch seinen Geruch bemerkbar machen wird. Alle diese Erscheinungen sind nach Tessan's Meinung solche, welche bei Kugelblitzen beobachtet werden. Wenn auch nicht geleugnet werden soll, daß durch diese Theorie manche Umstände beim Erscheinen von Kugelblitzen eine plausible Erklärung finden könnten, so kann aber doch auch nicht übersehen werden, daß diese Theorie vollkommen willkürlich aufgestellt wurde, daß sich diese Theorie weder auf ein Experiment, noch auf thatsächlich beobachtete Erscheinungen stützt.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit nunmehr den experimentellen Reproductionen der Kugelblitze, also dem elektrischen Funken in Kugelform zu. Bei Experimenten, welche Th. du Moncel im Jahre 1855 mit einem etwas dickdrähtigen Ruhmkorff'schen Inductorium ausführte, wurde der kugelförmige Funke an gewissen Stellen einer Wasserschicht sichtbar, die durch Ueberstreichen einer Glastafel oder einer gefirnißten Platte mit dem Finger auf dieser ausgebreitet wurde; der Kugelfunke wurde dann an Stellen wahrgenommen, an welchen das Wasser mehr oder weniger breite Lachen bildete. Er entstand nur selten, nahm eine ausgesprochen röthliche Farbe an, aber seine Gestalt war oft vollkommen rund. Dies war in experimenteller Richtung alles, was Th. du Moncel erreicht hat, was ihn aber immerhin doch veranlaßte, die Aufstellung einer Theorie der Kugelblitze zu wagen. Er weist hierbei auch auf Erscheinungen hin, die der Inductionsfunke darbietet und die auch weiter oben (S. 76) bereits flüchtig erwähnt worden. Th. du Moncel glaubt nämlich, daß die Aureole des Inductionsfunkens geeignet sei, eine Vorstellung von der in Rede stehenden Erscheinung zu geben, und zwar unter der Voraussetzung, daß man die Aureole von dem Funkenstrahle getrennt hat und erstere, getrennt von den Poldrähten, Kugelform annimmt.

Eine theilweise Trennung des Funkens von der Aureole erfolgt bereits durch Anblasen (S. 76) oder auch durch magnetische Einwirkung. A. Perrot hat durch seine Versuche folgende Anordnungen für zweckentsprechend gefunden. Nähert man, Figur 169, dem zwischen den beiden Poldrähten + — eines Ruhmkorff'schen Inductoriums überspringenden Funken einen Glasstab, so geht der Funke auf dem Wege über den Glasstab, diesen tangirend, von Draht zu Draht über, während die Aureole sich unterhalb auf der directen Verbindungslinie beider Drähte entwickelt. Läßt man den Funken zwischen den parallelen Drähten, Figur 170, überspringen, so entsteht er zwischen jenen Punkten, an welchen die höchste Spannung besteht. Führt man dann einen Glasstab zwischen die beiden Drähte, so tritt der Funke wie in Figur 169 an den Glasstab; wird dieser fortbewegt, so folgt ihm wohl der eigentliche Funke, aber die Aureole bleibt an ihrem Platze. Führt man an

einem isolirenden Griffe, Fig. 171, einem ∩förmig gebogenen Leiter zwischen die Drähte, so erhält man an Stelle eines Funkens deren zwei;

Fig. 169.

Fig. 170.

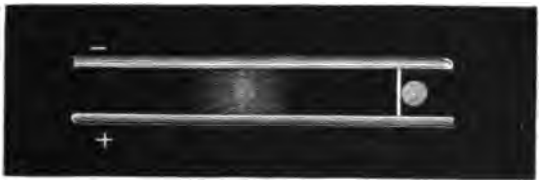
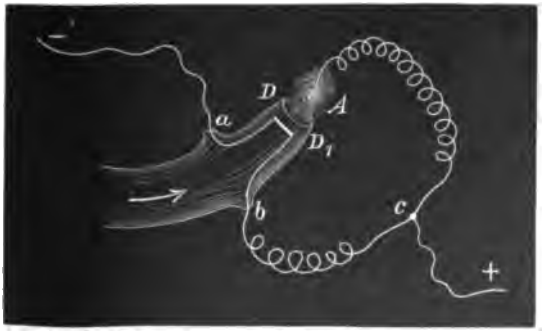


Fig. 171.

Fig. 172.



Trennung des Funkens von der Aureole.

es wird nämlich zwischen jedem Ende des Leiters und dem zunächst liegenden Drahtende ein Funkenstrahl sichtbar, während der Zwischenraum zwischen den beiden Leiterenden keinen Funken zeigt. Der Funke geht dann von einem Poldrahte zu einem Leiterende, durchfließt den Leiter und geht dann vom zweiten Leiterende zu dem zweiten Poldraht. Die Aureole breitet sich jedoch wieder in der geraden Verbindungslinie zwischen den beiden Drähten + — aus. Noch auffälliger erfolgt die Trennung des Funkens von der Aureole bei nachstehendem Versuche. In ein aufgebogenes Glasrohr, Figur 172, sind bei a und b Drähte eingeschmolzen, deren Enden sich bei DD_1 gegenüberstehen. Der von a ausgehende Draht ist mit dem einen Pole des Inductoriums verbunden, der von b ausgehende Draht steht bei c mit dem zweiten Poldrahte in Verbindung. Von c geht noch ein dritter Draht cA aus, dessen Ende der engen Mündung des Glasrohres gegenübergestellt wird. Durch das Rohr selbst treibt man in der Richtung des Pfeiles einen Luftstrom. Wird hierauf der Inductionsapparat in Thätigkeit gesetzt, so geht der glänzende Funke zwischen D und D_1 über, während die Aureole bei A erscheint.

Nach Th. du Moncel's Ansicht kann man nun auch in der Natur Umstände finden, welche analoge elektrische Entladungen zu veranlassen vermögen. Setzt man voraus, daß eine sehr feuchte, mit der Erde in Berührung befindliche Luftschicht durch Influenz von einer Gewitterwolke elektrisch geladen wurde, und daß eine dünne verhältnißmäßig sehr trockene Luftschicht die feuchte Luft an gewissen Stellen unterbricht, so könnte folgender Vorgang eintreten: Es kann geschehen, daß die elektrische Ladung, welche sich gegen die Gewitterwolke bewegt, um in größerer oder geringerer Entfernung von der Erde einen Blitz hervorzurufen und welche sich in der mit Wasserdampf und Wassertröpfchen vollkommen gesättigten und erfüllten Luft wie in einem Leiter, d. h. ohne Lichtentwicklung, fortbewegt, theilweise durch eine solche dünne Schicht trockene Luft dringt, indem sie den nassen Wasserdampf der umgebenden Luft mitreißt; es tritt dann eine geräuschlose Entladung durch diesen schlechten Leiter (die trockene Luft) ein; dieser wird dann erhitzt und jenen elektrischen Wirkungen von Seite der elektrischen Ladungen der benachbarten Schichten ausgesetzt, welche zur kugelförmigen Ballung und zur rotirenden Bewegung wie in Th. du Moncel's Versuchen und in jenen Planté's (S. 79 u. f.) führen. Nimmt man ferner an, daß diese Schicht trockener Luft sich langsam bewegt so sieht man leicht ein, daß auch die Lichterscheinung mit ihr wandern muß, daß diese selbst erlöschen kann, um an einer andern Stelle neuerdings zu entstehen, daß sie ganz verschwinden kann, wenn sie auf einen guten Leiter trifft, dem sie eine Ladung ertheilt oder den

sie durchfließt, daß sie selbst auf solche Leiter seitliche Entladungen abgeben kann, durch welche sie ganz oder theilweise absorbirt wird. Th. du Moncel glaubt überhaupt mit dieser Theorie, welche er im Jahre 1855 aufgestellt hat, die verschiedenen Umstände, von denen Kugelblitze begleitet werden, vollständig erklären zu können, wobei allerdings nicht zu verkennen sei, daß die hierin angenommene Leitungsfähigkeit der feuchten, nassen Luft unseren diesbezüglichen experimentellen Erfahrungen nicht ganz entspricht. Diese Annahme ist nur unter der Voraussetzung haltbar, daß die feuchte Luft für die geringen elektrischen Ladungen, welche wir in unseren Experimenten hervorzurufen in der Lage sind, allerdings einen Isolator darstellt, daß dies aber für die in der Natur auftretenden, weitaus mächtigeren elektrischen Spannungen nicht mehr der Fall ist; für diese würde sonach die feuchte Luft einen hinreichend guten Leiter bilden.

Als Stütze dieser Ansicht glaubt Th. du Moncel nachstehende Beobachtung Cornuel's betrachten zu sollen. Es war während eines Sommers, nach einem Gewitter, erzählt Cornuel, als ich von meinem Fenster aus den Zustand der Atmosphäre prüfte. Es war 10 Uhr Abends, der Himmel rein blau, die Luft sehr ruhig und man sah nur einige Schafwölkchen in weiten Entfernungen von einander vorüberziehen. Eines derselben von mittlerer Größe, etwa 50 Grade über dem Horizonte, erregte meine Aufmerksamkeit, weil seine Ränder durch den Mond, welchen es verdeckte, silberartig beleuchtet wurden. Drei Minuten vor dem Wiedererscheinen des Mondes faßte ich jenen Wolkenrand ins Auge, aus welchem nach der gewöhnlichen Sprechweise das Gestirn wieder austreten mußte. Dieser Rand war in zwei Theile, einen oberen und einen unteren, getheilt und stellte im großen Maßstabe ungefähr zwei Lappen eines Eichenblattes dar. Plötzlich gewahrte ich einen elektrischen Strahl, anscheinend von Fingerbreite, welcher seitlich von dem oberen Theile auf den unteren Theil der Wolke geschleudert wurde und dabei einer regelmäßigen Curve folgte.

Es veranlaßte dies weder eine Formänderung der Wolke, noch einen Lärm, noch einen Blitzschlag und ich kann die Erscheinung nicht besser charakterisiren, als wenn ich sie mit einem augenblicklichen Strahl eines geschmolzenen Metalles vergleiche, der durch eine seitliche Oeffnung herausgeworfen wird und ohne andere Geschwindigkeit herabfällt als jener, welche er vermöge seines Gewichtes erlangt. Das Aussehen war vielmehr das einer glühenden flüssigen Ader als das eines Blitzstrahles. Ich fuhr fort die Wolke zu beobachten, 20 Minuten lang, aber sie entfernte sich langsam, ohne andere anzuziehen, behielt fast ganz dieselbe Form und verrieth durch keinerlei neuerliche Anzeichen ihre elektrische Ladung. Nichts deutete darauf hin, daß hier

zwei Wolken vorhanden gewesen wären, welche nur die Perspective als eine hätte erscheinen lassen.

Ein Umstand, welcher darauf hinweist, daß man die Kugelblitze als elektrische Ausströmungen in Büschelform zu betrachten hat, ist der, daß das Geräusch, welches die Bewegung der Kugelblitze begleitet, nur ein einfaches Brausen oder Zischen ist, wie dies Augenzeugen solcher Erscheinungen wiederholt erwähnt haben. Man vergleiche Seite 422: »hörte man ein heftiges Brausen«, Seite 424: »Zischen, ähnlich jenem einer aufsteigenden Rakete«, Seite 425: »ein Geräusch wie von einigen mit Nägeln beschlagenen Schuhen«, Seite 447: »ein Feuerball unter zischendem Geräusch« ꝛc. Es ist ferner leicht einzusehen, daß die Entladung bei hinlänglicher Dicke der schlechtleitenden, der trockenen Luftschicht, sich verlängern kann, so daß sie dann das Ansehen eines Feuerstrahles erhält, der in eine Kugel endigt, wie dies z. B. durch Schübler beobachtet worden ist, welcher erzählt, daß er einen armdicken Feuerstrahl gesehen habe, welcher in eine breitere und heller leuchtende Kugel ausging. Doch wenden wir uns nunmehr den Arbeiten Planté's zu.

Planté's Experimente scheinen zu zeigen, daß ponderable Materie das Bestreben hat, Kugelform anzunehmen, sobald sie dem Einflusse von Elektricität hoher Spannung und bedeutender Quantität unterworfen wird; wie oben erwähnt wurde, entstanden bei diesen Experimenten leuchtende Flüssigkeitskugeln (S. 78, Fig. 49), beziehungsweise veritable Feuerkugeln in mit Wasserdampf gemischter Luft, wenn die Spannung gesteigert wurde (S. 80, Fig. 51 und 52). Es mag schon hier darauf hingewiesen werden, daß die Bildung elektrischer Lichtkugeln nicht an die Anwesenheit des Wassers und an das Zusammenwirken von Quantität und Spannung des elektrischen Stromes gebunden ist, da bei meinen gemeinschaftlich mit Reitlinger ausgeführten Versuchen (Taf. III und S. 78) weder Wasser noch bedeutende Quantität zur Wirksamkeit gelangte.

Planté hält dafür, daß die elektrischen Lichtkugeln ebenso wie die Kugelblitze aus verdünnter glühender Luft und den Gasen gebildet sind, welche aus der Zerlegung des Wasserdampfes resultiren und die ebenfalls im Zustande der Verdünnung und des Glühens sich befinden. Ist nun auch die wässerige Oberfläche zur Kugelbildung nicht unbedingt erforderlich, so wird diese durch die Anwesenheit von Wasser und Wasserdampf doch sehr erleichtert; auch kann die Kugel mit Hilfe der durch die Wasserzersetzung erzeugten Gase ein größeres Volumen annehmen. Planté weist darauf hin, daß das Erscheinen von Kugelblitzen auch in der That mit dem Auftreten großer Wassermassen verbunden ist oder in ungewöhnlich feuchter Atmosphäre stattfindet. So beobachtete Maffei einen Kugelblitz während eines »mit Regen

wie bei der Sündflut« verbundenen Gewitters (S. 421); als Butti den Kugelblitz wahrnahm, »fiel der Regen in Strömen herab« und »hatte den Weg in einen Gießbach verwandelt« (S. 425); in dem Berichte über zwei mit der Erscheinung von Kugelblitzen verbundene Gewitter, welche über Paris niedergingen, heißt es: »es fiel stromweiser Regen« (S. 432); drei kleine Feuerkugeln erschienen über dem Boden eines kleinen Hofes, »welcher dann vollkommen überschwemmt wurde« (S. 433); leuchtende Theilchen fielen in einen Garten, »der durch die ungeheuren Wassermassen, die gleich einer Wassertrombe niedergegangen waren, in einen förmlichen Teich verwandelt worden« (S. 433); das zweite der genannten Gewitter erfolgte unter »überreichem Regen« (S. 433).

Die Bildung der Kugelblitze erklärt Planté ganz in derselben Weise wie jene der leuchtenden Kugeln in seinen Experimenten, durch Aufsaugen der Flüssigkeit in den durch die Entladung erzeugten luftverdünnten Raum (S. 79); jede Kugel stelle eine Art elektrischen Eies, ein voltaisches Lichtbüschel dar. Die hier von Planté beanspruchte Analogie der bei seinen Experimenten beobachteten Erscheinungen mit den Kugelblitzen scheint uns in weit höherem Grade für die von uns beobachtete elektrische Lichtkugel (Taf. III und S. 78) zuzutreffen.

Die Farbe der Kugelblitze ist sehr verschieden, ebenso wie die der gewöhnlichen Blitze; es liegt dies in der Natur der Sache: röthliche Färbung wird eintreten müssen bei reicher Mitwirkung von Wasserstoffgas, eine blaue oder blauviolette, wenn dieses mangelt, wenn also die Luft, beziehungsweise der Stickstoff derselben überwiegend zur Geltung gelangt. Selbstverständlich können aber auch locale Verhältnisse das Auftreten anderer Farben bewirken. Der bei Kugelblitzen auftretende Geruch ist denselben Ursachen zuzuschreiben, die wir bei gewöhnlichen Blitzschlägen kennen gelernt haben (S. 497).

Auf das eigenthümliche Brausen, welches die Kugelblitze begleitet, wurde bereits hingewiesen; seine Erklärung findet es gleichfalls in Planté's Experimenten, speciell in jenem, bei welchem die Entladung von einer positiven Elektrode gegen darunter befindliches destillirtes Wasser eingeleitet wurde. Das hierbei wahrgenommene zischende Geräusch rührt offenbar von der Verdampfung des Wassers her, welche durch die Einwirkung des elektrischen Stromes in sehr lebhafter Weise unterhalten wird. Planté glaubt aus allen seinen Experimenten schließen zu sollen, daß der Kugelblitz als directer Ausfluß der Wolkenelektricität aufzufassen sei, und daß man daher der Elektricität des Kugelblitzes das positive Zeichen zuzuschreiben habe, im Gegensatze zu dem Elmsfeuer, welches als eine durch die Wolke hervorgerufene Influenzwirkung negativ sein müsse. In bemerkenswerter Uebereinstimmung mit Planté's Ansicht über

das Vorzeichen der Kugelblitze scheinen uns unsere Experimente zu stehen. Auch wir erhielten unsere elektrische Lichtkugel nächst der positiven Elektrode (vergl. Taf. III). Daß dieser Lichtkugel das positive Vorzeichen zukomme, erhellt auch aus ihrem Verhalten gegen den Magnet.*)

Planté hat auch gezeigt, daß die auf einer Flüssigkeitsoberfläche erzeugte Lichtkugel den Bewegungen der Elektrode folgt (S. 81). Wird dieser Versuch im Dunkeln ausgeführt, so nimmt man nur mehr die auf der Wasserfläche sich bewegende Kugel wahr. Ebenso könnte sich in der Natur, wenn eine kräftig geladene Gewitterwolke in geringer Höhe über die Erde hinzieht, eine Säule oder Trombe stark elektrisirter feuchter Luft bilden, welche als unsichtbare Elektrode dient und an ihrem unteren Ende durch das Ausströmen der Elektricität eine Feuerkugel erzeugt. Da diese Luftsäule oder

Fig. 173.

Planté's wandernder Kugelfunke.

Trombe beweglich ist, wird auch die Feuerkugel ihre sämmtlichen Bewegungen mitmachen.

*) Als Reitlinger und ich über diese Erscheinung Bericht erstatteten, legten wir dem Vorzeichen der Elektricität der Kugel keinen Wert bei, glaubten jedoch aus der Farbe, die bei allen Gasen jene des Lichtes an der negativen Elektrode einer gewöhnlichen Geißler'schen Röhre war, auf ein negatives Vorzeichen schließen zu sollen, und bezeichneten daher auch die Kugel kurzweg als Glimmlichtkugel. Inzwischen hat mich aber ein genaueres Studium der fraglichen Erscheinung überzeugt, daß die Lichtkugel ihr Entstehen der positiven Elektricität zu verdanken hat. Zwischen die Pole eines Magnetes gebracht, verlor nämlich die Lichterscheinung ihre Kugelform und stellte sich im Vereine mit dem Büschellichte und ebenso wie dieses äquatorial; hätte man hingegen in der Lichtkugel eine negativ elektrische Erscheinung zu sehen, so hätte sich die Lichterscheinung um die Verbindungslinie der Magnetpole also axial anordnen müssen. Es wäre dann die bekannte Plücker'sche Fläche (vergl. des Verfassers »Elektricität im Dienste der Menschheit«, S. 314) entstanden.

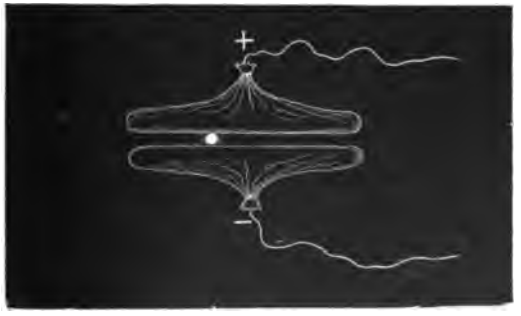
Wir erinnern uns jedoch noch eines anderen Experimentes, bei welchem der Kugelfunke ohne Zuhilfenahme einer bewegten Elektrode zu wandern

Fig. 174.

Durch den Kugelfunken erzeugte Curven.

begann; es ist dies der auf dem Condensator wandernde Funke (S. 82). Es bildete sich hierbei infolge des Schmelzens des Materials des Condensators

Fig. 175.



Planté's wandernder Kugelfunke.

eine glühende Kugel, die sich langsam über die Oberfläche fortbewegte, indem sie hierbei jene Punkte aufsuchte, auf welchen die isolirende Zwischenschicht zwischen den beiden Belegungen des Condensators den geringsten Widerstand darbot, und dabei eigenthümliche Curven, Figur 173, beschrieb. Figur 174

stellt ein Facsimile dieser Curven dar, wie sie durch den Marsch der Kugel infolge mehrerer Batterie-Entladungen erhalten wurden. Das Experiment kann ein oder zwei Minuten dauern und hört nicht früher auf, als bis die Batterie so weit entladen ist, daß ihr Strom die Kugel nicht mehr im geschmolzenen Zustande zu erhalten vermag. Auch wurde oben bereits des eigenthümlichen Geräusches gedacht, welches der Kugelfunke während seines Laufes erzeugt. Dieses Geräusch wird besonders scharf und durchdringend, gleich jenem, das beim plötzlichen Abreißen oder Abschneiden eines Blech- oder Cartonstreifens durch ein rasch rotirendes Zahnrad entsteht, wenn der Condensator auf Hartgummi hergestellt wird.

Auf die Analogie dieses Experimentes mit dem Kugelblitze wurde gleichfalls bereits aufmerksam gemacht. Um jedoch die Bedingungen, unter welchen die Erscheinung in der Natur stattfindet, noch besser nachzuahmen, vermehrte Planté die Spannung seiner Elektricitätsquelle, indem er eine Secundärbatterie von 1600 Elementen zur Anwendung brachte, welche zu Beginn ihrer Entladung einen Strom von ungefähr 4000 Volts lieferte. Andererseits wurden auch die Glimmerplatte und die metallischen Belegungen weggelassen, da ja auch in der Natur nur Luftmassen und Wasserdämpfe vorhanden sind; es kamen vielmehr nur nasse elektrische Flächen zur Anwendung, die durch eine Luftschicht von einander getrennt waren. Diese Flächen wurden durch Bauschen oder Scheiben aus Filtrirpapier hergestellt, welche man mit destillirtem Wasser tränkte (Fig. 175).

Sobald dieses System mit den Batteriepolen in Verbindung gesetzt wird, sieht man eine kleine Feuerkugel erscheinen, welche zwischen den beiden nassen Papierflächen hierhin und dorthin läuft und während einiger Minuten wiederholt plötzlich verschwindet und wieder auftaucht. Da die Batterie sich auf diese Art langsamer entladet als zwischen den metallischen Belegungen, so dauert das Experiment auch viel länger. Die Unterbrechungen entstehen infolge der von der Feuerkugel ausgeübten Wärmewirkungen, wodurch die feuchten Flächen an verschiedenen Punkten ausgetrocknet werden, was zur weiteren Folge hat, daß daselbst die Entwicklung der Wasserdämpfe, deren Gegenwart ja den Widerstand in dem Zwischenraume zwischen beiden Flächen vermindert, unterbrochen wird und daher auch der elektrische Strom nicht mehr übergeht; aber der Stromübergang stellt sich dann an anderen noch feucht gebliebenen Stellen wieder her, trocknet diese abermals aus, wird wieder unterbrochen u. s. w.

Vorbeschriebenes Experiment hat Planté in seiner bereits oben erläuterten Ansicht über die Natur des Kugelblitzes noch mehr bestärkt, so daß er nunmehr glaubt, mit noch größerer Sicherheit erklären zu können: Der Kugelblitz ist eine langsame und partielle Entladung der Elektricität der Gewitterwolken,

und zwar eine directe oder eine durch Influenz bewirkte, welche dann eintritt, wenn diese Elektricität in ganz ungewöhnlich großer Menge vorhanden ist und die Wolke selbst oder die feuchte, kräftig elektrisirte Luftsäule, die gewissermaßen eine Elektrode darstellt, sich der Erdoberfläche sehr stark genähert hat, so daß sie diese fast selbst berührt oder doch nur eine sehr dünne Schicht isolirter Luft dazwischen bleibt. Unter diesen Bedingungen häuft sich das elektrische Fluidum oder richtiger die ponderable Materie, welche von ihm durchströmt wird, an und ballt sich in Form einer Kugel zusammen, geradeso wie in den vorbeschriebenen Experimenten. Die Feuerkugel stellt durchaus keine mit Elektricität geladene Bombe dar, sie ist der Blitz selbst und selbst gefährlich, wie dies übrigens durch den Bericht Babinet's und durch andere Beobachter bewiesen wird. Es genügt der geringste Luftzug, um den Kugelblitz zu vertreiben, ebenso wie der Kugelfunke im Experimente durch schwaches Anblasen entfernt oder auch ausgelöscht werden kann; aber seine Gegenwart ist nichtsdestoweniger gefährlich, denn er führt die Elektricität der Gewitterwolke mit sich, mit welcher er in verborgener oder, als unteres Ende einer Trombe, auch in sichtbarer Verbindung steht und am gewählten Orte durch seinen Erguß sich offenbart.

Wenn die Luftschicht, welche die Wolke von der Erde trennt, nicht durchbrochen wird, so kann die Feuerkugel ohne Lärm verschwinden, wie dies ja auch häufig beobachtet wird; oder wenn ein Theil der Gewitterwolke sich an einem anderen Punkte zur Erde herabsenkt, so kann daselbst der Blitzschlag erfolgen, indes gleichzeitig in beliebiger Entfernung davon der Kugelblitz verschwindet.

Wird hingegen die Luftschicht durchschlagen, dann erfolgt naturgemäß auf demselben Punkte, an dem der Kugelblitz erschienen ist, auch der Blitzschlag, gefolgt von einem Donner, der sein Entstehen nicht jener geringen Menge Elektricität zu danken hat, welche in der geringen Masse verdünnter leuchtender Luft ihren Sitz hatte, die die Feuerkugel bildete, sondern der plötzlichen Entladung der gesammten Wolkenelektricität oder doch wenigstens eines sehr beträchtlichen Theiles derselben.

Die langsame und launische Bewegung der Kugelblitze erklärt sich geradeso wie jene des elektrischen Kugelfunkens in den vorbeschriebenen Experimenten, nämlich durch die Verschiedenheiten in den Widerständen der Luftschicht, welche die Kugelblitze von der Erde trennt und durch das natürliche Bestreben der Elektricität, die Bahn geringsten Widerstandes für ihr Ueberfließen zur Erde zu suchen. Was die Feuerkugeln anbelangt, welche bei heftigen Gewittern zuweilen im Schoße der Wolken selbst erscheinen, wie Arago in einigen Berichten erzählt, so gibt das oben beschriebene Experiment (Fig. 175) ein,

wenn auch sehr verkleinertes Bild und es genügt, das Experiment gesehen zu haben, um sich über diese Naturerscheinung Rechenschaft zu geben.

In dieser Art glaubt Planté die verschiedenen Wirkungen der Kugelblitze, welche ganz räthselhaft erschienen, erklären zu sollen und schreibt seinen glücklichen Erfolg bei der experimentellen Nachahmung dem Umstande zu, daß ihm eine Elektricitätsquelle zur Verfügung gestanden, welche ihm Ströme lieferte, die mit hoher Spannung auch bedeutende Quantität vereinen. Hierzu muß jedoch nochmals bemerkt werden, daß dies, d. h. die Vereinigung von Spannung und Quantität jedoch nicht die ganz allgemein und ausnahmslos geltende Bedingung für das Entstehen kugelförmiger elektrischer Lichterscheinungen bildet, da dies weder für Th. du Moncel's Kugelfunken noch für unsere elektrische Lichtkugel (Taf. III) zutrifft.

III.

Der Donner.

Der Donner ist jener stärkere oder schwächere Schall, den wir wahrnehmen, nachdem wir den Blitz gesehen haben. Obwohl Blitz und Donner gleichzeitig entstehen, hören wir doch den letzteren immer später, als wir den ersteren sehen. Die Ursache dieser Erscheinung ist die, daß sich das Licht ganz unverhältnißmäßig schneller fortpflanzt als der Schall — eine Thatsache, die bereits von den Alten richtig erkannt worden ist (S. 106). In jenen Fällen, in welchen wir wegen der unmittelbaren Nähe des Gewitters Blitz und Donner gleichzeitig wahrzunehmen glauben, ist das Uebersehen der dann sehr kurzen Zwischenzeit, welche die Wahrnehmung des Blitzes von jener des Donners trennt, dahin zu erklären, daß wir nicht geübt sind, Bruchtheile einer Secunde zu beachten oder abzuschätzen. Die Art des Schalles, den wir Donner nennen, ist in verschiedenen Fällen eine sehr verschiedene; sie ändert sich namentlich auch mit der Entfernung des Ortes, an welchem der Blitz erfolgt, vom Beobachter. Erfolgt der Blitzschlag in unmittelbarer Nähe desselben, so hört er den Donner zumeist als einen einzigen kurzen Schlag, als ein Geräusch, welches man jenem vergleichen kann, das beim raschen Zerreißen von Papier entsteht; oder es entsteht wohl auch ein Donner, vergleichbar dem Knalle eines Flintenschusses.

Als im August 1853 der Blitz einen Theatersaal zu Mans traf, gab die Zinkbedachung desselben einen durchdringenden, scharfen Ton. Einzelne Zuseher wollen im Saale selbst Feuererscheinungen gesehen haben und der Donner wurde als starker Pistolenschuß vernommen. Wie Abbé Richard erzählt, fiel der Blitz auf eine Kirche, in welcher die hier Versammelten den

Donner nur ganz schwach, einem Pistolenschusse vergleichbar, hörten, während er außerhalb als entsetzliches Getöse wahrgenommen wurde. — Herr und Frau Boddington hatten sich, wie Sestier erzählt, um die Aussicht auf die Landschaft zu genießen, auf den Rücksitz ihres Fahrzeuges gesetzt und zwei Dienstboten in den Wagen hineinsetzen lassen. Plötzlich brach ein Gewitter los, der Blitz traf das Ehepaar, warf die Pferde zu Boden und schleuderte den Postillon weit vom Wagen weg; die beiden Dienstboten blieben unverletzt. Einer derselben erzählte nachher, er habe einen ganz ungewöhnlich hellen, blendenden Blitz gesehen und diesem sei unmittelbar ein Knall gefolgt, welcher dem beim Abschießen einer sehr stark geladenen Flinte entstehenden Knalle so sehr glich, daß der Erzähler im ersten Augenblicke an einen Ueberfall des Wagens durch Strolche dachte. — Als der Blitz am 4. Januar 1827 den Leuchtthurm von Genua traf, bemerkten mehrere Männer, die sich im Augenblicke des Einschlagens im Thurme befanden, eine Feuererscheinung und hörten einen einzigen Schlag, vergleichbar einem Kanonenschusse.

Der Donner wird in unmittelbarer Nähe des Blitzschlages wohl auch als ein mehr oder minder durchdringendes Zischen oder Pfeifen vernommen. Sestier hat auch einige interessante Beobachtungen dieser Art gesammelt. Als der Blitz am 16. August 1804 die Universität in Breslau traf und sich in die Räumlichkeiten derselben verzweigte, hörten, wie Jungwitz erzählt, einige Personen, die bei einem Fenster standen, ein Sausen wie von einer vorüberfliegenden Flintenkugel. — Im Juli 1804 brach ein heftiges Gewitter über Malakka los; die sehr hellen Blitze waren, wie Horsburgh erzählt, von einem starken Sausen begleitet. — Der Capitän Leath, welcher die »Belette« befehligte, sah im Jahre 1822 mehrere Blitze in geringer Entfernung vom Schiffe in das Meer einschlagen, die ein Geräusch verursachten, gleich dem Pfeifen einer Gewehrkugel. — Tessan wurde in der Nacht vom 18. auf den 19. September 1840 von einem Gewitter überrascht, als er in einem Wagen reisend den Gipfel eines Hügels zwischen Avignon und Remoulin erreicht hatte. Mit Rücksicht auf seine exponirte Lage auf dieser Höhe und mit Rücksicht auf die erheblichen Eisenmassen, welche zur Construction des Wagens verwendet waren, entledigte sich Tessan sofort alles Metallischen, welches er auf sich hatte. Plötzlich ließ ein Blitz, der noch viel blendender war als alle vorhergegangenen, ein starkes Pfeifen hören, das von einem entsetzlichen Donnergekrache begleitet war.

Das Pfeifen und Zischen wird bei Gewittern überhaupt nicht zu selten beobachtet; es ergab sich bereits weiter oben (S. 355 u. f.) Gelegenheit, dies bezügliche Berichte von Saussure, Gemellaro, Watson, H. J. Klein und Reimann anzuführen.

In den meisten Fällen folgt dem Blitze ein mehr oder minder scharfes Krachen und dieses geht dann in ein langsam verhallendes Gepolter über, in das sogenannte Rollen des Donners, welches desto tiefer zu werden scheint, je länger es währt. Wie wir wissen (vergl. S. 97), haben bereits die Alten wohl unterschieden zwischen dem eigentlichen Donnerschlage und dem Rollen des Donners. Auffallend an letzterem ist namentlich die lange Dauer desselben und sein allmähliches Anschwellen, beziehungsweise das immer dumpfer werdende Verhallen. Es ist selbstverständlich, daß man unter der Dauer des Rollens die Dauer eines, einem einzigen Blitze zugehörigen Donners und zwar im flachen Lande, also ohne Echo, zu verstehen hat. Arago hat diesbezüglich aus Beobachtungen de l'Isle's in Paris nachstehende Daten zusammengestellt.

Am 17. Juni 1712 wurde ein Donner gehört, dessen Rollen 45 Secunden dauerte; am selben Tage wurden als dem so eben angeführten, am nächsten kommende Werte 41, 36 und 34 Secunden beobachtet. Die Beobachtungen am 3., am 8. und am 28. Juli ergaben 39, 38, 36 und 35 Secunden.

Der Donner setzt nicht immer gleich mit seiner vollen Stärke ein, sondern beginnt zuweilen mit dumpfem Rollen, welches sich dann zu schmetterndem Krachen steigert, um dann wieder in ein ziemlich rasch verhallendes Rollen überzugehen. In de l'Isle's Aufzeichnungen finden sich diesbezüglich folgende Angaben.

Am 17. Juni 1712 tobte ein Gewitter über Paris:

Um 0 Secunden zeigt sich ein Blitz;
nach 3 Secunden wird der Donner zuerst sehr schwach gehört;
nach 12 Secunden kracht er;
nach 19 Secunden endigt er leise.

Es verflossen also nicht weniger als 9 Secunden zwischen dem Anfange des Donners und seinem Krachen.

Das zweite Beispiel gehört dem 21. Juli an:

Um 0 Secunden ein Blitz;
nach 16 Secunden beginnt das Geräusch des Donners schwach;
nach 26 Secunden kracht der Donner;
nach 32 Secunden endigt er leise.

Die folgenden Anführungen haben gegen die vorhergehenden den Vortheil, daß sie auch die Dauer des Krachens kennen lehren.

Am 8. Juli 1712:

Um 0 Secunden Blitz;
nach 11 Secunden beginnt der Donner leiſe;
nach 12 Secunden kracht er;
nach 32 Secunden hört das Krachen auf;
nach 50 Secunden endigt das Geräuſch leiſe.

Wie hieraus zu erſehen, betrug alſo die Dauer des Krachens 20 Secunden.

Am 8. Juli:

Um 0 Secunden Blitz;
nach 11 Secunden beginnt der Donner leiſe;
nach 12 Secunden kracht er;
nach 38 Secunden hört er auf zu krachen;
nach 47 Secunden endigt er leiſe.

Die Dauer des Krachens hat ſich hier faſt bis auf eine halbe Minute ausgedehnt. Der nachſtehende Fall verdient darum Intereſſe, weil er einen neuen Umſtand, nämlich eine Steigerung der Stärke während des Krachens aufweiſt.

Um 0 Secunden Blitz;
nach 10 Secunden beginnt der Donner ſehr leiſe;
nach 13 Secunden kracht er;
nach 20 Secunden ſteigert ſich die Stärke ſeines Krachens;
nach 35 Secunden hört das Krachen auf;
nach 39 Secunden endigt der Donner leiſe.

Ohne an dieſer Stelle ſchon auf eine Erklärung des oft auffallend lange anhaltenden Donnerrollens näher einzugehen, mögen hier vorläufig nur Beobachtungen über künſtliche Schallerregungen ähnlicher Art angeführt werden; Arago hat deren mehrere geſammelt, die unſer volles Intereſſe beanſpruchen. Eine dieſer Thatſachen verdankt Arago der Mittheilung Scoresby's. Auf einem Punkte in der Nähe der Seen von Killarney, welchen die Führer ihm gewieſen hatten, hörte Scoresby nämlich den Knall einer abgefeuerten Piſtole eine halbe Minute lang. Arago bemerkt hierzu, es müſſe wohl erlaubt ſein, anzunehmen, daß wenn man ſtatt der Piſtole eine Kanone abgefeuert hätte, der Nachhall von 30 Secunden ſich auf 45 und ſelbſt noch mehr verlängert haben würde. Es ſcheint, als müſſe man hier die Stärke des Schalles um ſo mehr in Betracht ziehen, als ſelbſt an einem Orte in der Umgebung von Paris, der niemals als beſonders merkwürdig wegen ſeines Echos genannt worden iſt, nämlich am Fuße des Thurmes zu Mont-

lhéry v. Humboldt, Bouvard, Gay-Luſſac und Emile de Laplace im Juni 1822, bei Gelegenheit der über die Schallgeſchwindigkeit angeſtellten Verſuche, den Donner der neben ihnen abgefeuerten Kanone 20 bis 25 Secunden lang hörten.

Nach Arago verſichern die Seefahrer, daß auf hoher See der Blitz ebenſo wie am Feſtlande von einem langen Rollen begleitet wird, obwohl dort weder Steinwände noch Felſen oder Wälder, Hügel oder Berge ſind, welche den Schall zurückwerfen können.

Muſſchenbroek bemerkte, daß an demſelben Orte, wo das Abfeuern einer Kanone bei heiterem Himmel nur einen einzigen Knall erzeugt, das Geräuſch ſich mehrfach wiederholt, ſobald der Himmel bedeckt iſt. Sollte dieſe Beobachtung des holländiſchen Phyſikers vielleicht zu wenig ausführlich dargelegt ſcheinen, um als Beweis gelten zu können, ſo möge aus der Mittheilung, in der Arago im Jahre 1822 die kurz vorher erwähnten Verſuche über die Schallgeſchwindigkeit veröffentlicht hat, folgende Stelle wiedergegeben werden: Zu Villejuif kam es uns viermal vor, daß innerhalb zweier Secunden zwei deutliche Kanonenſchüſſe von Montlhéry gehört wurden. In zwei anderen Fällen war der Knall dieſer Kanone von einem längeren Rollen begleitet. Die angeführten Erſcheinungen traten nur in dem Augenblicke ein, wo Wolken am Himmel erſchienen. Bei völlig heiterem Himmel hörte man bloß einen einzigen Knall, der nur einen Augenblick dauerte.

Daß die Dauer des Donnerrollens dazu benützt wurde, um die untere Grenze der Blitzlängen zu beſtimmen, iſt bereits weiter oben (S. 459) erwähnt worden; natürlich iſt auch in dieſem Falle nur das zu einem und demſelben Blitze gehörige Rollen, und auch dieſes nur unter der Vorausſetzung, daß keine Echowirkungen ſich geltend machen, in Betracht zu ziehen. Bei ſehr heftigen Gewittern, in welchen Blitz auf Blitz folgt, kann es ſelbſtverſtändlich auch geſchehen, daß der Donner längere Zeit hindurch ununterbrochen rollt. So vernahm z. B. Peltier während eines Gewitters, das am 8. September 1844 über Paris niederging, ein ununterbrochenes Rollen in der Dauer von 20 Minuten und nach einem Berichte Howard's grollte am 15. Juli 1808 der Donner zu Gloceſter länger als eine und eine halbe Stunde.

Ebenſo wie die Dauer des Donners ſind auch die Zeiten verſchieden, welche zwiſchen dem Blitze und dem Beginne des Donners verfließen. Daß überhaupt eine Zeitdifferenz in den Wahrnehmungen beider Erſcheinungen eintritt, wurde bereits oben, als in der Verſchiedenheit der Fortpflanzungsgeſchwindigkeiten des Lichtes und des Schalles begründet, dargeſtellt. Dieſer Unterſchied iſt ein ſehr bedeutender, denn während das Licht in einer Secunde 42.000 Meilen zurücklegt, pflanzt ſich der Schall (bei 0° C.) nur mit einer

Geschwindigkeit von 333 Meter per Secunde fort. Erinnert man sich (vergl. Höhe der Wolken S. 219 u. f.), daß die Gewitterwolken in Höhen von ungefähr 1000 bis 3000 Meter schweben, so ergibt sich von selbst, daß wir das Eintreten und das Wahrnehmen des Blitzes als gleichzeitig erfolgend betrachten müssen. Die Zeit, welche zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und jener des Donners verstreicht, ist daher gleichzusetzen jener Zeit, welcher das Donnergeräusch bedurfte, um sich von der blitzenden Wolke bis an unser Ohr fortzupflanzen. Weiter oben (S. 223) wurde auch mitgetheilt, daß, und unter welchen Vorbehalten, diese Zeitbestimmung dazu benützt werden könne, um die Entfernung des Gewitters, beziehungsweise die Höhe der Wolken zu messen. Hier mögen jene Erläuterungen noch durch Angaben ergänzt werden, aus welchen zu ersehen ist, in welchen Zeiten gewöhnlich die Wahrnehmung des Donners auf jene des Blitzes folgt.

Der Geometer Lambert glaubte in Betreff des Maximums, daß die Zeit zwischen Donner und Blitz niemals 40 Secunden erreichte; aber schon damals, als er diese Meinung äußerte, hätte er, wie Arago aufmerksam macht, in de l'Isle's Abhandlungen Werte finden können, welche die von ihm angenommene Grenze merklich überschreiten. Die Beobachtungen zu Paris

vom 2. Mai 1712 ergaben . . . . . 42, 48 und 48 Secunden
» 6. Juni » . . . 47, 48, 48 und 49 »
und vom 30. April » . . . . . 72 »

In den von Chappe zu Tobolsk im Jahre 1761 gemachten Beobachtungen stehen

am 1. Juli die Zahlen . . . . . 42, 45 und 47 Secunden
» 10. » » Zahl . . . . . 46 »

Die kleinsten Zwischenzeiten zwischen Blitz und Donner, welche Arago unter der sehr kleinen Zahl der Beobachtungen de l'Isle's fand, sind 3, 4 und 5 Secunden, während die Beobachtungen von Chappe sogar wiederholt nur 2 Secunden ergaben.

Der Dauer der Zwischenzeit hat auch d'Abbadie seine Aufmerksamkeit geschenkt und dabei constatirt, daß die Zeit, welche das Rollen des Donners währt, in keiner Beziehung zu der Entfernung der Wolken, in denen die Erscheinung ihren Ursprung hat, steht; die von d'Abbadie erhaltenen Resultate sind in der gegenüberstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die Beobachtung der Zwischenzeit, welche zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und jener des Donners verstreicht, läßt aber noch eine Eigenthümlichkeit des Donners erkennen, welche den verschiedensten Völkern aufgefallen ist; sie besteht darin, daß der Donner auf merkwürdig geringe Entfernung hin hörbar bleibt. Es ist dies, wie Arago erzählt, schon den

Datum	Zwischenzeit zwischen Blitz und Donner	Dauer des Rollens
20. November . . 1842	36·4 Secunden	18·0 Secunden
25. April 1843	13·2 »	13·0 »
1. Mai 1843	56·0 »	19·2 »
7. September . . 1843	18·0 »	22·0 »
12. September . . 1843	30·8 »	14·0 »
12. Februar . . . 1844	32·0 »	8·0 »
15. Februar . . . 1844	92·0 »	16·0 »
22. Februar . . . 1844	40·0 »	12·0 »
16. Mai 1846	9·0 »	22·4 »

Chinesen aufgefallen, indem nämlich der Kaiser Kang-hi, welcher als Physiker die Blitzerscheinungen studirte, als größte Entfernung, auf welche sich der Donner hören läßt, 5 Meilen angibt; dagegen will er Kanonendonner auf 15 Meilen Entfernung gehört haben. Als längste Zwischenzeiten zwischen Blitz und Donner zählte d'Abbadie einmal 92 Secunden und einmal 56 Secunden; nach de l'Isle's Beobachtungen ergibt sich die längste Zwischenzeit zu 72 Secunden. Für die Maximalzahl von d'Abbadie ergeben sich also für die Entfernung, auf welche der Donner gehört wurde, $92 \times 333 = 30636$ Meter oder ungefähr 4 Meilen; aus den 72 Secunden de l'Isle's berechnen sich 3 Meilen. Sieht man jedoch von diesen ausnahmsweise hohen Beträgen ab, so findet man bei d'Abbadie als nächst niedrigeren Betrag schon nur mehr 56 Secunden, bei de l'Isle gar nur mehr 49 Secunden; nimmt man also im Mittel eine Zwischenzeit von etwa 50 Secunden an, so berechnet sich hieraus die Hörbarkeit des Donners auf ungefähr 2 Meilen.

Arago berichtet über nachstehende Beobachtungen, welche mit diesen Berechnungen ganz gut übereinstimmen.

Am 25. Januar 1757 schlug der Blitz unter fürchterlichem Donner in den Thurm von Lestwithiel (Cornwall) und zerstörte diesen fast gänzlich. Der berühmte Smeaton war damals ungefähr 6 Meilen davon entfernt; er sah die Blitze, hörte aber nicht das geringste Geräusch.

Musschenbroek erzählt, daß es bisweilen in Haag sehr stark donnert, ohne daß man es zu Leyden, in einer Entfernung von 2 Meilen, und zu Rotterdam, in einer Entfernung von $2^3/_4$ Meilen hört. Es gibt auch Beispiele von sehr heftigen Gewittern, welche über der Stadt Amsterdam sich entluden, deren Donner sich aber nicht bis nach Leyden, d. h. auf eine Entfernung von 5 Meilen, fortpflanzte.

Die kleinen Entfernungen, auf welche hin der Donner sich fortpflanzt, fallen besonders auf, wenn man sie mit jenen Distanzen vergleicht, bis zu

welchen Kanonendonner gehört wurde. Diesbezüglich werden folgende Angaben gemacht: Man hörte das Abfeuern einer Kanone in Florenz zuweilen in dem alten Schlosse von Monte-Rotondo, in der Nähe von Livorno, also in einer Entfernung, die in gerader Linie $10^1/_4$ Meilen beträgt; man hört zuweilen das Abfeuern einer Kanone in Livorno in Porto-Ferrajo, d. h. in einer Entfernung von $10^1/_8$ Meilen; während der Belagerung von Genua durch die Franzosen hörte man den Donner ihrer Artillerie zu Livorno, also in $18^3/_8$ Meilen Entfernung. Saint Cricq versicherte, daß die Kanonade von Waterloo in der Stadt Creil, in einer Entfernung von 25 Meilen, gehört wurde; Elie de Beaumont berichtet, daß er am 30. März 1814 die Kanonade sehr deutlich in der Gemeinde Cassou, zwischen Lizieur und Caen, gehört habe, also in gerader Linie von Paris ungefähr 20 Meilen.

H. J. Klein gibt an, den Donner auf eine Entfernung von nahezu drei Meilen gehört zu haben, bleibt also gleichfalls hinter jenen Entfernungen weit zurück, die bei der Fortpflanzung des Kanonendonners in Betracht kommen. Die Ursache dieser auffälligen Erscheinung hat Poisson in der verschiedenen Dichte der Luftschichten erkannt, welche in einem und dem anderen Falle zur Wirkung gelangen. Er wies nach, daß die Stärke des Schalles abhängig ist von der Dichte der Luftschicht, in welcher er entsteht, und daß er bei dem Uebergange aus einer Luftschicht in eine andere von verschiedener Dichte durch Reflexion Einbuße an seiner Intensität erleidet. Reslhuber gab auch der Vermuthung Raum, daß die Fortpflanzung des Schalles durch aufsteigende Luftströmungen und durch verschiedene Verhältnisse der Bewölkung mannigfach beeinflußt werden könne, so daß aus dem Zusammenwirken aller dieser Umstände eine mehr seitliche als nach abwärts gerichtete Fortpflanzung des Donners resultiren würde.

Die Fortpflanzungsverhältnisse des Donners veranlassen uns aber auch noch eine andere Frage aufzuwerfen, nämlich ob es Donner ohne Blitze gibt, eine Frage, die bereits von Seneca (S. 96) und nach ihm wiederholt bejaht wurde. Nachstehend mögen einige diesbezügliche Beobachtungen mitgetheilt werden, zunächst aber soll der Zusammenhang dieser Frage mit den Fortpflanzungsverhältnissen des Donners auf Grund einer Beobachtung Volney's näher erläutert werden.

Wie Volney, der als verläßlicher Beobachter bekannt war, berichtet, hörte man am 13. Juli 1788 um 6 Uhr Morgens zu Pontchartrain (2 Meilen von Versailles) vier bis fünf Donnerschläge, während der Himmel ohne Wolken war. Erst um $7^1/_4$ Uhr erschien in Südwest eine Wolke. In kurzer Zeit darauf war der ganze Himmel bedeckt und es hagelte faustgroße Stücke. Kann dieser Donner als Widerhall eines gewöhnlichen, also infolge

eines Blitzes erzeugten Donners betrachtet werden, welcher in unterhalb des Horizonts befindlichen Wolken enstanden ist, oder muß man an einen inmitten der reinen Atmosphäre entstandenen Donner ohne Blitz glauben?

Arago hat diese Frage, unter Berücksichtigung der Fortpflanzungsfähigkeit des Donners, durch nachstehende Erwägung beantwortet.

Ein Mann mäßiger Größe, dessen Auge fünf Fuß über dem Erdboden sich befindet, kann bei reinem Horizonte einen auf der Erde befindlichen Gegenstand auf $^1/_2$ Meile Entfernung hin sehen; er nimmt einen 80 Fuß hohen Gegenstand auf $2^3/_4$ Meilen Entfernung und endlich ein Object von 3200 Fuß Höhe auf eine Entfernung von $14^1/_2$ Meilen hin wahr. Nun hat Volney zu Pontchartrain Donnerschläge vernommen, ohne eine Wolke am Himmel oder in der Nähe der Erde zu erblicken. Wenn die Donnerschläge nicht von dem durchsichtigen Theile der über dem Horizonte befindlichen Atmosphäre ausgegangen sein sollen, sondern ihr Herd in Wolken unterhalb des Horizontes gesucht werden soll, so dürfen diese Wolken nach den oben mitgetheilten Erfahrungen über die Fortpflanzungsverhältnisse des Donners höchstens 3 Meilen entfernt gewesen sein. Sollen nun aber Wolken in einer Entfernung von 3 Meilen nicht mehr sichtbar sein, so dürfen sie nicht höher als 100 Fuß über der Erdoberfläche schweben. Somit stehen uns nur zweierlei Annahmen frei: entweder die von Volney gehörten Donner kamen aus völlig heiterem Himmel, oder sie entstanden in Wolken, welche höchstens in der sehr geringen Höhe von 100 Fuß über der Erde schwebten. Erinnern wir uns der Angaben über Wolkenhöhen (S. 219 u. f.) und berücksichtigen wir den Umstand, daß die von Volney eine Stunde hernach beobachteten Wolken sehr hoch ziehende Hagelwolken waren, so ist wohl kaum zweifelhaft, daß man sich für die erstere Annahme entscheiden muß. Immerhin folgt aber hieraus noch nicht mit absoluter Sicherheit, daß wir auch an Donner ohne Blitz glauben müssen, da die Möglichkeit, daß letzterer von Volney übersehen worden sein könnte, nicht mit voller Bestimmtheit geleugnet werden kann. Daß bei solchen Beobachtungen in der That aus mancherlei Ursachen Täuschungen vorkommen können, soll weiter unten noch gezeigt werden; doch wenden wir uns vorerst zu den Beobachtungen selbst.

Schon im Jahre 1751 hat Thibault de Chanvalon unter seine meteorologischen Aufzeichnungen auf Martinique die Bemerkungen eingetragen, daß im Monate October unter 8 Tagen, an welchen es donnerte, an zweien keine Blitze beobachtet wurden und daß es im November an einem Tage gedonnert aber nicht geblitzt habe.

Am 19. März 1768 setzte in der Nähe von Cosseir am Rothen Meere ein heftiger Donnerschlag die Matrosen der kleinen Barke, auf welcher sich

der Reisende James Bruce eingeschifft hatte, in Schrecken. Dem Donnerschlage ging kein Blitz vorher. (Arago.)

Eine ungemein seltsame Erscheinung wurde, wie H. J. Klein erzählt, am 12. Mai 1819 im Riesengebirge beobachtet. An jenem Tage zwischen 3 und 4 Nachmittags zeigte sich bei sonst heiterem Himmel an der Schneekoppe, von Süden kommend, eine kleine Wolke. Sie breitete sich mit großer Geschwindigkeit durch das ganze Thal aus und zum allgemeinen Erstaunen fing es an zu donnern; im Verlaufe von einer Stunde waren Thal und Gebirge in einen schwefelartig riechenden dichten Nebel gehüllt, durch welchen die Sonne als glühend rothe Scheibe erschien. Am anderen Morgen war der Nebel fast gänzlich verschwunden und die Schneekoppe frei.

Peltier erhielt vom Pfarrer aus Champeueil folgende Mittheilung: Am 24. März 1840 hörten die Einwohner von Champeueil, Auvernaux und Ballancourt (Departement Seine-et-Oise) mehrere Donnerschläge, während der Himmel vollkommen rein war. Unter den Zeugen dieser Erscheinung werden Chartier, Pfarrer von Ballancourt, und Hériſſon, Pfarrer von Chevannes, genannt.

Ledoux, Geniehauptmann zu Philippeville in Algerien, erzählt folgendes: Am 29. Mai 1842 hörte ich um 8 Uhr Morgens plötzlich zwei Detonationen über mir, die so stark waren wie der Knall einer gezogenen Kanone, die man in einer Entfernung von 100 Meter abfeuert. Der Himmel war leicht bedeckt durch einige leichte schleierartige Wölkchen; es war windstill und keinerlei Umstände deuteten darauf hin, daß die beiden Schläge als Folgen zweier Blitzschläge zu betrachten seien. Ledoux vermuthet, es könnte die Ansammlung und Entzündung gewisser Gase in der Atmosphäre oder vielleicht noch besser die Explosion eines Meteores gewesen sein, welches infolge des hellen Tageslichtes der Beobachtung entgangen sei.

Genauere Angaben rühren von Poey aus der Havanna her, die in den Pariser Akademieberichten der Oeffentlichkeit übergeben wurden; hiernach ergaben sich als Tage mit Donner und ohne Blitz:

Im Jahre 1850 vom 15. bis 31.	Juli	9
	im Auguſt . . .	10
	» September .	9
	» October . .	2
	» November .	0
	» December . .	0
Im Jahre 1851	» Januar . .	1
	» Februar . .	0
	» März . . .	2

im April . . . 0
» Mai 0
» Juni . . . 9
bis zum 11. Juli 2

In Bezug auf die Tageszeit ergab sich folgende Vertheilung:

Es fielen auf Vormittag 4
» Mittag 3
» Nachmittag 40
» Vor- und Nachmittag 1
» nach 8 Uhr Abends . 3

Beobachtungen. Es mag hierzu noch bemerkt werden, daß sich für die Häufigkeit der Vertheilung des Regens beiläufig dasselbe Resultat ergibt.

Reimann äußert sich in seinem bereits mehrfach erwähnten Berichte über Gewittererscheinungen im Schlesischen Gebirge über Donner ohne Blitze in nachstehender Weise: »Donner ohne sichtbaren Blitz« habe ich im Sommer 1886 mehrfach beobachtet. Am 24. Juli Nachmittags 5 Uhr wurde ich auf einem Spaziergange vom Regen überrascht. Ich betrachtete die aufziehende graue ausgedehnte Wolke, als plötzlich aus derselben ein ausgeprägter Donner ertönte, dem ein sichtbarer Blitz nicht vorausgegangen war. Ich hätte einen solchen von dem freien Platze, und zumal der Donner gerade aus der Richtung kam, nach der ich bereits längere Zeit blickte, entschieden wahrnehmen müssen. Der Regen verstärkte sich darauf enorm, doch blieb dieser Donner die einzige Aeußerung von Gewitterthätigkeit. Desgleichen habe ich und andere Beobachter am 24. August in der Zeit von 1 bis 3 Uhr Nachmittags, und zwar diesmal wiederholt Donner gehört, aber trotz der angestrengtesten Aufmerksamkeit keine Blitze gesehen. Ich habe bereits früher ausgesprochen, daß in vielen derartigen Fällen die Entladungen oberhalb der Wolken vor sich gehen mögen. Letzteres hat entschieden am Abend des 5. Juli stattgefunden. Von mehreren Seiten wurde mir verwundert erzählt, es habe nicht geblitzt und doch so hell und laut gedonnert, als wenn es eingeschlagen hätte. Für den aufmerksamen Beobachter aber hatte sich der nach oben fahrende Blitz noch eben durch eine Beleuchtung des äußersten Wolkensaumes bemerkbar gemacht. Die außergewöhnliche Wolkenformation, mit der die gewöhnlichen Schilderungen einer Gewitterwolke ziemlich contrastiren, will ich hierbei etwas näher beschreiben. Von Nordwest her war Gewölk aufgezogen, welches um $7^3/_4$ Uhr fast den ganzen Himmel bedeckte. Im Norden, Osten und Süden bildete es bis zum Zenith leichte graue gesonderte Partien; nur aus diesem vorderen Theil des Gewölkes fiel Regen, und zwar äußerst heftiger. Jenseits des Zeniths nach Nordwesten zu ging es in eine drohend aussehende pechschwarze compacte

Masse über, welche etwa 15—20 Grad über dem Horizont in einem scharf begrenzten Rande endete. Unter demselben war der Himmel völlig klar. Der alleräußerste Saum dieses Randes, den ich gerade betrachtete, leuchtete nun plötzlich in einer horizontalen Ausdehnung von wenigen Graden auf, worauf nach einigen Secunden ein lebhaft knatternder Donner ertönte. Es ist anzunehmen, daß ein Blitz aus der oberen Fläche der Wolke und zwar nicht weit von ihrem Rande nach oben geschlagen ist; bei etwas größerem Abstande von diesem hätte jede Spur eines solchen gefehlt und nur der starke Donner diese unsichtbare Entladung verrathen. Das Gewitter entwickelte nur eine geringe Thätigkeit, denn erst nach einer Viertelstunde donnerte es noch einmal, nachdem es 19 Secunden vorher im Süden geblitzt hatte.«

Man ist jedoch nicht nur bei bewölktem Himmel Täuschungen ausgesetzt, sondern Täuschungen ähnlicher Art können auch bei heiterem Himmel zu der unberechtigten Annahme eines Donners ohne Blitz führen. Zu solchen Naturerscheinungen, welche derartige Täuschungen bewirken können, gehört in erster Linie der Fall eines Meteorsteines. So scheint z. B. der Donnerschlag, welcher, wie oben mitgetheilt, die Begleiter James Bruce's erschreckte, mit viel größerer Wahrscheinlichkeit auf das Platzen einer Feuerkugel, als auf einen Donner ohne Blitz zurückzuführen zu sein; der Fall des Meteors ist eben wahrscheinlich übersehen worden. Chladni erzählt ein in dieser Richtung sehr lehrreiches Beispiel. Am 1. April 1826 hörte man nämlich um 4 Uhr Nachmittags in der Umgebung von Saarbrücken, während die Atmosphäre völlig rein und ruhig war und heller Sonnenschein herrschte, einen Lärm; es war ein Rollen gleich jenem des Donners. So lange dies währte, sah man einen grauen Körper, anscheinend von $3^1/_2$ Fuß Höhe, sich mit der Schnelligkeit des Blitzes gegen die Erde bewegen, und dort angelangt, mit dem Getöse eines Wasserfalles zu verschwinden. Ungefähr nach einer minutenlangen Ruhepause erscholl nun neuerdings der Donner und schien aus der Richtung herzukommen, wo das Meteor die Erde erreicht hatte. Es bedarf wohl kaum erst des Hinweises, wie leicht dabei der Fall des Meteors hätte übersehen werden können.

Eine andere Naturerscheinung, welcher derartiges Rollen vorhergeht, oder welche unter dieser Begleitung häufig eintritt, sind die Erdbeben. Durch eine akustische Täuschung wird dieses unterirdische Brüllen in die Atmosphäre verlegt. Hierher sind z. B. höchst wahrscheinlich jene von Arago erwähnten schrecklichen Donnerschläge zu zählen, welche man vor mehr als 100 Jahren zu Santa Fé de Bogata bei dem schönsten Wetter hörte und zu deren Erinnerung alle Jahre in der Kathedrale die Donnermesse (la missa del ruido) gelesen wird. Und endlich ist auch der Fall nicht ausgeschlossen, daß

ein Blitz aus einer sehr kleinen vereinzelten Wolke erfolgt, die der Aufmerksamkeit der betreffenden Beobachter entgangen ist. Aus diesen Andeutungen kann wohl schon entnommen werden, daß wir heutzutage noch nicht in der Lage sind, mit voller Sicherheit die Frage, ob es Donner ohne Blitze gibt, zu beantworten.

Wie oben (S. 130) erwähnt, haben schon Wall und Winkler den Blitz mit dem elektrischen Funken und den Donner mit jenem Geräusche verglichen, welches beim Ueberschlagen dieses Funkens in der Luft entsteht. Nach dieser heute noch herrschenden Ansicht ist also der Donner eine durch den Blitz hervorgerufene Erschütterung oder Vibration der Luft. Läßt sich auch gegen diese Erklärung des Donners vom gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft aus nichts Wesentliches einwenden, so kann doch andererseits nicht übersehen werden, daß diese Erklärung keine ausreichende, keine hinlänglich umfassende ist; sie muß offenbar dahin ergänzt werden, daß der Zusammenhang der optischen mit der akustischen Erscheinung genauer präcisirt wird, und dann bedarf überdies noch die Dauer und namentlich das Rollen des Donners einer weiteren Erklärung. In dieser Richtung sind verschiedene Theorien versucht worden, von welchen aber bis heute noch keine zur allgemeinen Anerkennung gelangt ist; einige der wichtigsten mögen nachstehend dargelegt werden.

Nach Becquerel würde man sich die Erzeugung des Donners durch den Blitz in folgender Weise zu erklären haben. Indem der Blitz die Luft durchbricht, schleudert er die ihm im Wege stehenden Lufttheilchen zurück und erzeugt in dieser Weise ein momentanes Vacuum; dann stürzen sofort die umgebenden Luftmassen hinein und dieses Auseinanderschleudern und Wiederzusammenschlagen erzeugt jenes Geräusch, welches wir Donner heißen. Je kräftiger der Blitz ist und je größeren Widerstand er in der Luft findet, desto lauter wird auch der Donner erschallen.

Monge hingegen erblickt die Ursache des Donners in der plötzlichen raschen Bildung großer Wolken und stützt diese Ansicht theils auf den beobachteten Verlauf von Gewittern, theils auf gewisse Experimente. In unseren Gegenden treten Gewitter zumeist auf, wenn nach warmen trockenen Tagen der Wind sich nach Südwesten dreht. Der kurz vorher noch klare Himmel bedeckt sich in kürzester Zeit mit Wolken, welche im selben Maße dichter werden, als sich das Gewitter entwickelt. Der ganze Gesichtskreis hat die Durchsichtigkeit verloren, und der reichlich auf die Erde fallende Regen ist proportional der Zahl und Heftigkeit der Blitzschläge. Monge erzählt auch eine Beobachtung, nach welcher, als ein Blitzschlag erfolgt war, sofort eine große Wolke bemerkt wurde, die kurz vorher nicht vorhanden war. Begleitet nun aber den Blitz immer, sei es als Ursache oder als Wirkung, das plötzliche

Entstehen einer großen Wolke, dann ist das Geräusch des Donners nicht mehr das des Blitzes, sondern vielmehr jenes der Wolkenbildung. Hierbei denkt sich Monge letztere in folgender Weise. Ist die Luft in einer Ausdehnung von einer halben Quadratmeile und in einer Höhe von einigen hundert Klaftern aus irgend einer Ursache mit Wasserdampf übersättigt und es bildet sich nun plötzlich eine große Wolke, so ist eine große Wassermenge durch den Uebergang aus dem dampfförmigen in den flüssigen Zustand von einem sehr großen Volumen plötzlich auf ein sehr kleines Volumen gebracht worden und hat dadurch in der Atmosphäre eine Art momentanes Vacuum erzeugt; dieses wird dann natürlich sofort ausgefüllt durch die mit Gewalt hineinstürzenden benachbarten Luftschichten, und dieser Vorgang ist es, durch welchen der Donner erzeugt wird.

Es ist dies ein Vorgang im großen Maßstabe, wie wir einen solchen im kleinen tagtäglich zu beobachten Gelegenheit haben. Oeffnen wir nämlich rasch ein Futteral (oder eine Kapsel) mit übergeschobenem Deckel, der hinlänglich gut schließt, so hören wir ebenfalls einen Knall. Durch das Abziehen des Deckels wird nämlich der Innenraum vergrößert und daher die darin befindliche Luft verdünnt; sobald dann durch gänzliches Abziehen des Deckels der Innenraum mit der äußeren Luft in Verbindung kommt, stürzt daher die äußere Luft mit einer gewissen Heftigkeit in den inneren luftverdünnten Raum und bewirkt dadurch jenen Knall. Auch bei jenem Schulexperimente, bei welchem man, um das Vorhandensein des Luftdruckes zu zeigen, ein mit einer Blase verbundenes Gefäß auspumpt, bis die Blase durch den äußeren Luftdruck eingedrückt wird, ist der dann auftretende Knall zum größten Theile dem gewaltsamen Einströmen der äußeren Luft in das luftleere Gefäß zuzuschreiben, und — um ein ganz modernes Beispiel anzuführen — dieselbe Ursache bewirkt den heftigen Knall beim Zerschlagen einer elektrischen Glühlichtlampe, deren Gefäß bekanntlich möglichst luftleer gemacht wird.

In der Natur werden die Condensationen, welche anfänglich auftreten, sich auf einen viel größeren Raum erstrecken als die folgenden, d. h. die Gewittererscheinungen werden zu Anfang am heftigsten auftreten und dann immer mehr an Intensität verlieren, bis sie endlich ganz erlöschen. Monge meint, es wäre dann nur noch zu entscheiden, ob der Blitz Folge der plötzlichen Condensation der Wasserdämpfe ist oder ob umgekehrt die Condensation Folge des Blitzschlages ist. Dies könne dann entschieden werden, wenn durch hinlänglich zahlreiche Beobachtungen festgestellt sein wird, ob der Blitz einen aufsteigenden oder einen absteigenden Funken darstellt. Ist nämlich der Blitz eine Folge der Condensation, dann müsse er stets einen absteigenden Funken darstellen; ist jedoch der Blitz eine Ursache der plötzlichen Condensation,

dann kann er natürlich sowohl ein aufsteigender, als auch ein absteigender Funke sein.

Während Monge die Vacuumbildung einer plötzlich eintretenden Condensation der Wasserdämpfe zuschreibt, läßt Tessan diese durch die Wirkung der Elektricität eintreten. Der hierbei stattfindende Vorgang wird in den Pariser Akademieberichten vom Jahre 1841 der Hauptsache nach in folgender Weise dargestellt. Bei allen elektrischen Körpern bewirkt die gegenseitige Abstoßung der elektrischen Theilchen unter einander eine Bewegung derselben gegen die Oberfläche, vorausgesetzt, daß der Körper Gas- oder Dampfform besitzt; dies ist nun aber in der That bei den Wolken der Fall. Unter Einwirkung dieser Abstoßungskraft muß also eine immer zunehmende Ausdehnung der Wolken eintreten, welche darin ihre Grenze findet, daß in einem gewissen Stadium der äußere Luftdruck der elektrischen Abstoßungskraft das Gleichgewicht hält, oder mit anderen Worten, ein Gleichgewichtszustand tritt dann ein, wenn die Summe aller zwischen den einzelnen elektrisirten Theilchen wirkenden Abstoßungskräfte gleich geworden ist dem auf der Oberfläche des elektrischen Körpers (der Wolke) lastenden Atmosphärendrucke. Da ferner jeder Körper bei der Ausdehnung eine große Wärmemenge absorbirt, so muß in der Umgebung der Wolke eine bedeutende Temperaturerniedrigung eintreten, die ihrerseits wieder in erster Linie eine rasche Condensation der Wasserdämpfe und hierauf einen mehr oder minder reichlichen Regen bewirken muß. In der That rechtfertigen die bei Gewittern auftretenden Erscheinungen auch wirklich die Annahme dieser Reactionen, denn man sieht in der That, daß sich die Gewitterwolken in der kürzesten Zeit über den ganzen Horizont ausbreiten, was einzig und allein der Sättigung der Luft mit Wasserdämpfen zuzuschreiben, nicht gut möglich ist. Gleichzeitig beobachtet man auch reichlichen Regen.

Tritt nun zwischen der in der angegebenen Weise verdünnten Wolke und einer zweiten von dieser direct oder durch Influenz elektrisirten Wolke oder auch zwischen der ersten und der Erde eine elektrische Entladung ein, so wird die vorbeschriebene Wolke ganz oder zum größten Theile entladen, die elektrische Spannung, welche die Wolke in ihrem verdünnten Zustande erhalten hat, hört auf zu wirken und nun gewinnt der außen wirkende Luftdruck die Oberhand über die elektrische Abstoßung: die umgebende Luft stürzt daher mit Macht von allen Seiten in den luftverdünnten Raum und erzeugt daher denselben Effect, der bei dem Einschlagen eines luftleeren Gefäßes eintritt. Dieser Effect wird ein größerer oder geringerer sein, je nach der Größe der Wolke und dem höheren oder niedrigeren Grade ihrer elektrischen Spannung und Verdünnung. Die elektrischen Zustände der verschiedenen Wolken

eines Gewitters stehen unter einander in einem gewissen Zusammenhange, so zwar daß die Entladung der einen jene einer oder mehrerer anderer nach sich ziehen kann, welche von ihr mehr oder weniger weit entfernt sind. Aus der Verschiedenheit der Zustände dieser verschiedenen Wolken resultirt dann auch die verschiedene Art und Weise, in welcher der Donner ausbricht, und dessen Rollen.

In ganz ähnlicher Weise erklärt Boutan den Donner; diese von Sestier veröffentlichte Ansicht möge aber trotzdem hier kurz angedeutet werden, weil sie sich auf ein ganz interessantes Experiment stützt. Der Sitz der Elektricität ist bekanntlich die Körperoberfläche; daselbst sammelt sich die Elektricität entsprechend der Körperform in einer mehr oder weniger dichten Schicht an. (Vergl. Fig. 15, S. 25.) Dies tritt nun auch bei den Wolken ein, so daß diese gegenüber ihrer Umgebung als vollkommen scharf abgegrenzte Körper aufgefaßt werden können. Um diese Auffassung als berechtigt erscheinen zu lassen, beruft sich Boutan einerseits auf eine Beobachtung Schafhäutl's und andererseits auf ein Experiment, welches gleich nachher mitgetheilt werden soll.

Schafhäutl erzählt nämlich folgendes: Er befand sich auf dem Brenner, ausgerüstet mit verschiedenen physikalischen Instrumenten, als er von einem heftigen Gewitter überrascht wurde. Er war nur wenige Meter von der Gewitterwolke entfernt, und doch war die Luft so trocken, daß sie auf das Hygroskop keine Wirkung ausübte; ebenso gab auch das Elektroskop keine Anzeige. Wohl aber wurden beide Apparate gleichzeitig afficirt, als der Beobachter in die Wolke selbst gekommen war. Boutan zieht aus dieser Beobachtung den Schluß, daß die Wolke eine wohlbestimmte Oberfläche gehabt haben müsse, durch welche sie sich von den umgebenden Luftmassen abgrenzte. Derselbe Beobachter hat auch wiederholt gesehen, wie Wolken zusammengestoßen sind, ohne sich in irgend einer Art mit einander zu vermischen. Die Verdünnung der Wolke infolge ihrer elektrischen Ladung und die Folgen einer elektrischen Entladung werden dann in wesentlich ähnlicher Weise erklärt wie bei Tessan. Boutan fügt dem noch bei, daß auch die weiteren Beobachtungen Schafhäutl's seine Theorie zu bestätigen scheinen. Nachdem nämlich ein Blitzschlag und gleichzeitig ein reichlicher Regenguß gefallen war, ging das Hygroskop wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurück und auch die Goldblättchen des Elektroskops fielen wieder zusammen. Der Wind blies aber in der Richtung gegen den Mittelpunkt der Wolke.

Um seiner Ansicht auch eine experimentelle Begründung zu geben, führte Boutan folgenden Versuch aus. An das Ende eines Glasrohres wurde Seifenwasser gebracht und daselbst eine dünnwandige Seifenblase.

gefüllt mit feuchter Luft, erzeugt. Um die Blase gegen Luftzug zu schützen, wurde dieser Versuch in einer großen Glasflasche mit nur einer Oeffnung ausgeführt. Um endlich die Seifenblase in ihrem anfänglichen Umfange zu erhalten, wurde das Glasrohr durch ein Stückchen Klebwachs verschlossen und dann eine bestimmte Zeit gewartet, um der Luft im Innern der Blase Zeit zu lassen, sich mit der Temperatur der umgebenden Luft ins Gleichgewicht zu setzen. Vorher war bereits in das Glasrohr ein seidenumsponnener Kupferdraht eingeführt, der mit seinem spitzen Ende an den Anfang der Seifenblase zu stehen kam; durch diesen Draht wurde nun der Seifenblase und der von ihr eingeschlossenen feuchten Luft Elektricität zugeführt, so daß sich also an der Oberfläche der Blase Elektricität von bestimmter Dichte ansammeln mußte. Man sah nun in der That, daß die Seifenblase ihr Volumen vergrößerte, denn es traten sehr hübsche Farben auf, ein sicheres Zeichen dafür, daß die Dicke des Häutchens abgenommen und daher die Größe der Kugel zugenommen hat. Als hierauf die Maschine plötzlich entladen wurde, platzte die Seifenblase augenblicklich: die elektrische Spannung hatte nämlich zu wirken aufgehört und somit der äußere Luftdruck das Uebergewicht gewonnen. Die Seifenblase im Experimente verhält sich also gerade so wie dies Boutan von der Wolke voraussetzt.

Auf Grund dieser Theorie lassen sich aber auch noch anderweitige Eigenthümlichkeiten des Donners erklären. Nimmt man an, eine Gewitterwolke befinde sich in einer Entfernung von 340 Meter vom Beobachter und sie selbst habe eine Länge von 3400 Meter; die Wolke wird entladen, die Luft stürzt sich auf dieser ganzen Länge in dieselbe hinein und der Lärm entsteht gleichzeitig auf allen Punkten. Es ist nun aber einleuchtend, daß wir infolge der geringen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft den Beginn des Donners erst eine Secunde nach Wahrnehmung des Blitzes hören und daß sein Getöse 10 Secunden dauern wird. So erklärt sich die Dauer des Donners; das Rollen würde in folgender Weise aufzufassen sein. Die elektrisirte Wolke ist fortwährend den Einwirkungen der benachbarten Wolken unterworfen, welche im Allgemeinen von den verschiedenen Punkten der Wolkenoberfläche in verschiedener Entfernung sich befinden werden; es wird somit auch die elektrische Spannung von Oberflächenpunkt zu Oberflächenpunkt eine andere sein und infolgedessen ferner die Verdünnung der Luft im Innern der Wolke von Ort zu Ort wechseln müssen. Diese Umstände müssen ohne Zweifel die Herstellung eines Gleichgewichtes innerhalb der Wolke verhindern, sie werden in ihrem Schoße Ströme veranlassen, welche in einer bestimmten Zeit ein stabiles Gleichgewicht herbeiführen würden, wenn alle äußeren Umstände dieselben blieben. Diese aber wechseln fortwährend. Erfolgt

nun also unter solchen Verhältnissen der Blitz und mit ihm die Entladung der Wolke, so stürzt die Luft in einen Raum, in welchem die Luftverdünnung eine ganz ungleichmäßige ist. Die Folge davon ist ein ungleichförmiges, unregelmäßiges Getöse oder ein Donnerrollen.

Sind mehrere von einander getrennte Gewitterwolken vorhanden, so entstehen Zwischenpausen während des Donners, deren Dauer den Entfernungen der Wolken von einander entspricht; wie bekannt, werden solche nicht selten beobachtet. Die durch die Elektrisirung bewirkte Volumänderung der Wolken erklärt uns ferner den raschen Formenwechsel der Gewitterwolken: auch erkennen wir in der Verdünnung der Wolken eine der Ursachen der oft sehr bedeutenden Temperaturerniedrigung, die ja, wie wir wissen, bis zur Eisbildung führen kann. Auch der mit Gewittern auftretende Sturm oder Wirbelwind ist nach dieser Theorie leicht auf seine Ursachen zurückzuführen: jede Wolke wird durch die elektrische Entladung eine Art Saugapparat, welcher die nächsten Luftschichten an sich reißt, die dann wieder weitere Luftschichten heranziehen und die Bewegung auf große Entfernungen hin fortpflanzen.

In ganz anderer Art suchen van Mons, Jobart und C. Kuhn den Donner zu erklären, wobei jedoch alle Drei chemische Processe zugrunde legen. Van Mons läßt Wasser durch den Blitz in seine Bestandtheile: Wasserstoff und Sauerstoff zersetzen und diese Zersetzungsproducte wieder durch den Blitz zu Wasser vereinigen; die durch Luftverdünnung und durch Condensation hervorgebrachten Bewegungen der Luft würden dann den Donner bilden.

Nach Jobart lösen sich von der Erde und namentlich von den Kohlengruben, Sümpfen und an Orten, an welchen organische Substanzen sich zersetzen, Gase (irgend welche Kohlenwasserstoffe) los, welche in die höheren Regionen der Atmosphäre aufsteigen, wie sich das Oel über das Wasser erhebt. Diese Gase können aber auch an ihrem Aufsteigen durch Wolken gehindert und so eingeschlossen werden, wie das Wasserstoffgas in einem Luftballon. Die mit der Luft im Contacte stehenden Kohlenwasserstoffe mischen sich dann mit dieser und bilden, ebenso wie in den Kohlengruben, Knallgas, welches durch den elektrischen Funken sehr leicht entzündet werden kann. In dieser Art entstehen mehr oder minder starke Explosionen nicht nur, wenn das Gas in den Gewitterwolken eingeschlossen ist, sondern auch, wenn es sich mit diesen bereits vermischt hat. Diese Explosionen sind nach Jobart das Donnern. Kommt Knallgas zur Explosion, ohne daß es von Wolken eingeschlossen ist und zurückgehalten wird, dann können Blitze ohne Donner und bei reinem Himmel entstehen; solche werden auch bei bedecktem Himmel wahrgenommen, wenn die Höhe, in welcher die Explosion erfolgte, zu bedeutend wird, da dann die Luft bereits zu verdünnt ist, um den Schall genügend fortzupflanzen. Da

ferner ein sehr kleiner Funke ausreicht, um eine große Masse von Knallgas zu entzünden, so kann jener unserem Auge entgehen und eine von heftigem Getöse begleitete Explosion (also einen Donner ohne Blitz) hervorrufen. Jobart macht auch darauf aufmerksam, daß durch die Explosion, also die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe, Wasser gebildet wird, wodurch der Regen und dessen auffällige Verstärkung nach jedem Blitzschlage eine Erklärung finden. Nach Jobart wird ein Gewitter in den seltensten Fällen nach der ersten Explosion zu Ende sein, da durch diese nur das bereits als Knallgas vorhandene Gasgemenge zur Verbrennung gelangt, die anderen Gase aber auseinander geschleudert werden, wie die Pulverkörner bei einer Explosion im Freien. Es bilden sich dann neuerdings Massen von Knallgas u. s. w., bis nach und nach die ganze vorhandene Gasmasse zur Explosion gebracht worden ist, oder die Wolken, welche dieselbe zurückgehalten haben, zerstreut sind. Es ist wohl nicht zu verkennen, daß diese Ansichten stark an jene der Alten (S. 104) erinnern und wohl geringe Wahrscheinlichkeit besitzen.

C. Kuhn äußert sich bezüglich der Mitwirkung chemischer Processe bei der Hervorbringung des Donners dahin, daß ein Einfluß der bei elektrischen Entladungen auftretenden chemischen Wirkungen vielleicht nicht ganz in Abrede gestellt werden dürfe, wenn man berücksichtigt, daß manche der chemischen Wirkungen, wie sie die elektrischen Entladungen hervorbringen können, wenn man sie unter gewöhnlichen Umständen einleitet, von den heftigsten Explosionen begleitet sein können. Jedenfalls hängt aber die Stärke des Knalles, den der Donner wahrnehmen läßt, von den chemischen und Wärmewirkungen ab, welche bei der elektrischen Entladung herbeigeführt werden. So hören diejenigen Personen, welche in der Nähe eines Ortes sich befinden, an welchem der Blitz einschlägt, den heftigsten Donner, und diese Heftigkeit wächst, wenn die vom Blitze bewirkten Fortschiebungen, Platzungen u. s. w. von großem Betrage sind.

Als eine besondere Eigenthümlichkeit des Donners wurde das Rollen desselben bezeichnet; es ist dies jenes dem eigentlichen Donnerschlage oder Donnerkrachen folgende Geräusch, welches, wie oben (S. 531) gezeigt wurde, oft sehr lange anhält und dessen Stärke häufig ganz unregelmäßig wechselt. Man glaubte dieses eigenthümliche Rollen als Wirkung des Echos auffassen zu sollen und wurde in dieser Ansicht durch mannigfache Beobachtungen und auch durch Versuche bestärkt. Es ist ja z. B. eine unleugbare und allgemein bekannte Thatsache, daß sich das Donnerrollen in Gebirgsgegenden sowohl durch lange Dauer als auch durch besondere Heftigkeit und oft auffallenden Wechsel der Intensität auszeichnet. Auch der Versuch Scoresby's und die Beobachtung am Fuße des Thurmes zu Montlhéry (S. 532) scheinen

diese Ansicht über das Donnerrollen zu bestätigen. Da nun aber auch in ebenen Gegenden und sogar auf dem Meere dem Blitzschlage in der Regel ein Donner mit längerem oder kürzerem Rollen folgt, so kann als Erklärung hierfür nicht mehr das durch Felswände, Wälder, Hügel oder Berge bewirkte Echo angenommen werden. In diesen Fällen ist man gezwungen, für das Rollen überhaupt eine ganz andere Erklärung zu suchen, oder man muß annehmen, daß die Wolken in gleicher Weise zur Hervorrufung von Echowirkungen befähigt sind, wie Felswände, Wälder u. s. w. Für eine solche Annahme sprechen die Beobachtungen Musschenbroek's und die Versuche zu Villejuif (S. 533). Van Mons, Deluc, Monge u. A. sind jedoch der Ansicht, daß die Wolken als leicht bewegliche, schlecht abgegrenzte Dampfmassen viel zu wenig Festigkeit und Widerstandskraft besitzen, um den Schall zurückwerfen zu können. Die Seeleute wissen sehr wohl, sagt Monge, daß ein Kanonenschuß, am offenen Meere und weit von der Küste entfernt abgefeuert, immer nur als ein Schlag gehört wird, dem nie ein Rollen folgt, wie stark mit Wolken bedeckt der Himmel auch sein mag. Und Arago weist darauf hin, daß bei vollkommen gleichmäßig bedecktem Himmel zuweilen ein Blitz im Zenith erscheint, der von einem längeren oder kürzeren Donnerrollen gefolgt wird; kurze Zeit darauf bricht an derselben Stelle im Zenith ein zweiter Blitz hervor, aber der ihm folgende Donner ist diesmal nur ein zwar sehr starker, jedoch einfacher Schlag, dem keinerlei Donnerrollen folgt. Wie soll in diesem Falle der Unterschied zwischen beiden Donnern erklärt werden, wenn das Rollen ausschließlich als Wirkung des Widerhalles betrachtet wird?

Die Erscheinung des Donnerrollens kann aber auch deshalb nicht einzig und allein als eine Echowirkung aufgefaßt werden, weil das Rollen nicht als ein vom Anfange bis zu seinem Ende gleichmäßig zu- oder abnehmendes Geräusch gehört wird; man beobachtet vielmehr häufig ein Anschwellen, dann wieder ein Abnehmen, hierauf neuerdings ein kräftigeres Einsetzen u. s. w., Erscheinungen, die alle darauf hinweisen, daß wir bei der Erklärung des Donnerrollens wohl auch auf die Beschaffenheit des Blitzes selbst Rücksicht nehmen müssen.

In der That wurde hierauf, wie Arago hervorhebt, bereits von Robert Hooke (in seinen »Posthumous works«, 1705) Rücksicht genommen. Hooke's Ansicht geht nämlich dahin, daß man die Blitze in einfache und in zusammengesetzte oder vielfache zu unterscheiden habe. Von ersteren soll jeder nur einen Punkt im Raume einnehmen und erzeugt daher ein kurzes Geräusch ohne Donner. Das Geräusch der anderen dagegen ist ein langgezogenes Rollen, weil die verschiedenen Theile der langen Linie, welche diese

Blitze einnehmen, sich im Allgemeinen in sehr verschiedenen Entfernungen befinden und daher der Schall, mag er sich an diesen Stellen nach einander oder in demselben Augenblicke erzeugen, der Reihe nach ungleiche Zeiten braucht, um das Ohr des Beobachters zu erreichen. Robison, der sich dieser Ansicht anschloß und sie neuerdings (in der »Encyclopaedia britannica«) aufstellte, erläutert dieselbe in folgender Weise:

Ich bemerkte parallel mit dem Horizonte einen Blitz, dessen Länge ungefähr $^3/_5$ Meilen betragen haben mochte. Er schien mir überall gleichzeitig aufzutreten, so daß Niemand zu sagen vermocht hätte, an welchem Ende er begann. Der Donner bestand anfangs aus einem sehr heftigen Schlage und ging dann in ein unregelmäßiges Rollen über, welches ungefähr 15 Secunden anhielt. Ich glaube, daß der Knall überall in der weiten Bahn des Blitzes gleichzeitig, aber nicht an allen Stellen in gleicher Stärke erfolgte. Die verschiedenen Theile der Schallbewegung (sonorous agitation) gelangten nacheinander durch die Schwingungen der Luft bis zu meinem Ohre, was die Wirkung eines langgezogenen Schalles hervorbrachte. Dasselbe würde man beobachten, wenn man am Ende einer langen Reihe Soldaten stünde, welche alle gleichzeitig ihre Flinten abfeuerten; man würde ebenso ein unregelmäßiges Rollen hören, wenn die Flinten auf verschiedenen Punkten der Reihe ungleich stark geladen wären.

Kämtz glaubt die wechselnde Stärke des Donnerrollens, die zuweilen eintretenden Pausen und die darauf folgende neuerliche Verstärkung des Schalles auf Interferenzwirkungen zurückführen zu sollen. Der Schall pflanzt sich von seinem Erregungspunkte bekanntlich nach allen Richtungen hin fort, so daß also um diesen Schallwellen von der Form concentrischer Kugeln entstehen müssen. Diese Kugelwellen sind derart beschaffen, daß die Luft in einem gegebenen Augenblicke auf allen Kugelflächen einer Art (z. B. der 1., 3., 5., 7., überhaupt ungeraden Zahl) im Zustande starker Verdünnung, auf allen Kugelflächen zweiter Art (also mit geraden Zahlen) im Zustande starker Verdichtung sich befindet; im nächsten Augenblicke ist gerade das Umgekehrte der Fall. Nehmen wir nun an, daß in einer gewissen Entfernung von diesem Wellensysteme ein zweites, vollkommen gleiches, erregt wird, dann werden sich diese beiden Systeme kreuzen und hierauf ihren Weg ungehindert weiter fortsetzen. Aber an gewissen Punkten jedes Systems wird ein großer Unterschied in der Intensität des Tones herrschen. Denn in jenen Punkten, in welchen beide Systeme die Luft alternirend verdichten und verdünnen, ist die Bewegung viel heftiger und der Ton viel kräftiger als an den Punkten, wo nur ein System wirkt. In anderen Punkten treffen sich die beiden Systeme und trachten das eine die Luft zu verdünnen, das andere sie zu verdichten,

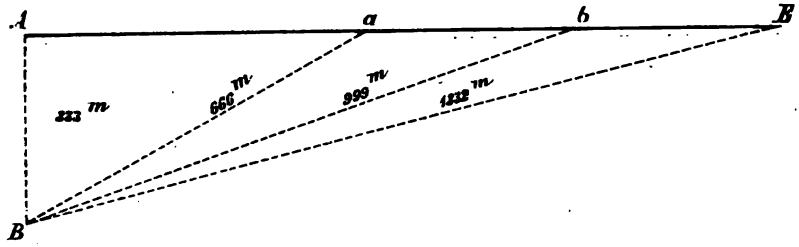
d. h. sie wirken im entgegengesetzten Sinne. Sind sie in diesem Falle gleich stark, so heben sich ihre Wirkungen auf, sind sie von ungleicher Kraft, so resultirt eine Wirkung im Sinne des kräftigeren Systems aber geschwächt um den Betrag des schwächeren Systems. In dieser Weise finden wir also eine Anzahl von Punkten, für welche ein viel kräftigerer Schall oder ein viel schwächerer Schall resultirt, als der Schallerregung von nur einem der beiden Systeme aus entspricht. Man kann sich dieses Verhalten in folgender Weise bildlich darstellen. Man zeichnet auf eine ebene Fläche zwei Systeme concentrischer Kreise, deren Halbmesser regelmäßig, z. B. um je einen Millimeter zunehmen; man zeichnet den 1., 3., 5., 7. u. s. w. Kreis als punktirte Linien, den 2., 4., 6. u. s. w. Kreis als volle Linien; diese bezeichnen dann die Serie jener Punkte, in welchen die Luft verdichtet ist, jene die Punkte der Luftverdünnung. Zieht man hierauf von einem in geringer Entfernung befindlichen Centrum aus ebensolche Kreise, so wird der Ton an jenen Punkten verstärkt erscheinen, in welchen sich Linien gleicher Art durchschneiden und geschwächt an allen jenen Punkten, an welchen punktirte Linien durch volle Linien gekreuzt werden. Verbindet man die Durchschnittspunkte der Kreise durch Linien, so sieht man, daß die Punkte verstärkten Schalles und geschwächten Schalles ganz bestimmte Orte einnehmen. Man kann sich die beiden Centren dieser Schwingungssysteme an den Enden der Stimmgabelzinken denken; versetzt man eine Stimmgabel in Vibration und dreht sie gleichzeitig um ihre Axe, so hört man sehr regelmäßige Verstärkungen und Abschwächungen des Tones.

Jeder Punkt, den der Blitz trifft, wird zum Centrum eines Wellensystems und diese müssen gegenseitig aufeinander einwirken; dadurch wird das Rollen des Donners verstärkt oder geschwächt oder auch momentan ganz unterbrochen werden, je nach dem verschiedenen Aufeinandertreffen der von den verschiedenen Punkten der Blitzbahn ausgehenden Wellensysteme.

Doch greifen wir nochmals auf die Betrachtung des Blitzes selbst zurück: wir brauchen hierbei nicht an die zusammengesetzten Blitze Hooke's zu denken, sondern wollen uns nur einen Blitz vorstellen, der einem Entladungsschlage entspricht, also gewissermaßen einen einheitlichen — übrigens einfachen oder verzweigten — elektrischen Funken darstellt, wie ihn unsere Elektrisirmaschinen und dergleichen Apparate liefern. Uns dünkt, daß diese Beschaffenheit eines Blitzes wahrscheinlicher ist, als die von Hooke gedachte Zusammensetzung aus Theilblitzen (die nicht zu verwechseln sind mit oscillirenden Blitzen): trotzdem wird sich das Rollen des Donners in all' seiner Mannigfaltigkeit, wenn nicht ganz, so doch größtentheils, aus dieser Beschaffenheit des Blitzes selbst ergeben, wie dies nachstehende Betrachtungen zeigen sollen.

A E, Figur 176, stelle uns den Verlauf eines Blitzes vor, den der Beobachter in B, der außerordentlich großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes wegen, seinem ganzen Verlaufe nach im selben Momente wahrnimmt. Ist A von B 333 Meter entfernt, so vernimmt der Beobachter nach 1 Secunde (bei 0° C.) den Donner, der in A durch den Blitz hervorgerufen wird; der in a erzeugte Schall gelangt erst in 2 Secunden, der in b er-

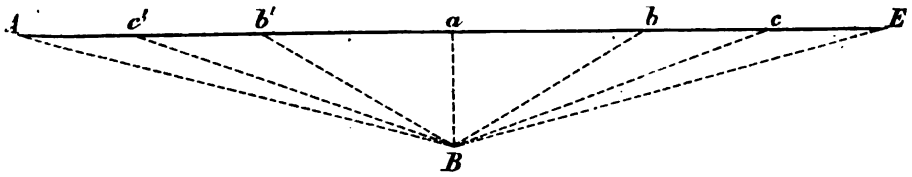
Fig. 176.



Zur Erklärung des Donnerrollens.

zeugte in 3 Secunden und endlich der im Endpunkte E des Blitzes erregte Schall nach 4 Secunden an das Ohr des Beobachters. Der Donner würde also in diesem Falle 4 Secunden gedauert haben und seine Stärke hätte für den Beobachter in B von Secunde zu Secunde gleichmäßig abgenommen,

Fig. 177.

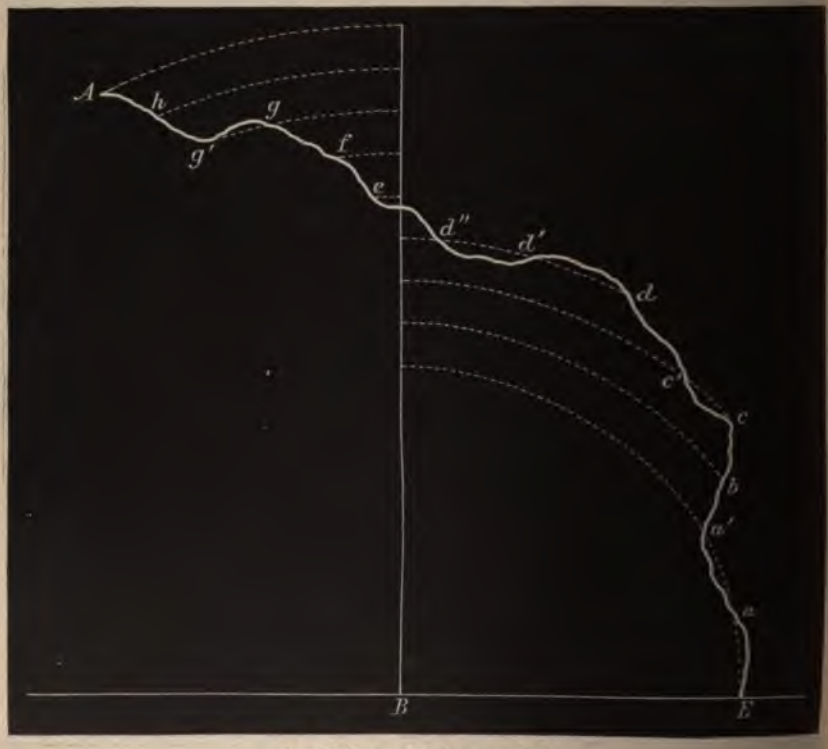


Zur Erklärung des Donnerrollens.

entsprechend der fortwährend wachsenden Entfernung, aus welcher der Schall hergekommen ist. Anders muß sich jedoch das Donnerrollen gestalten, wenn der Beobachter in B zu der den Verlauf des Blitzes darstellenden Linie A E in der Stellung sich befindet, die in Figur 177 dargestellt ist. Hier kann der Donner offenbar nicht mehr mit der größten Stärke einsetzen und dann vollkommen gleichmäßig abnehmend, endlich ganz verlöschen. Hier vernimmt der Beobachter nämlich zuerst den Donner aus a, dann aber gleichzeitig den Donner aus b und aus b'; der weitere Verlauf ist allerdings wieder gleichförmig; es gelangen dann gleichzeitig die Schallerregungen aus c und c' und hierauf gleichzeitig jene aus A und E zur Wahrnehmung des Beobachters.

Noch ungleichförmiger muß sich jedoch der Verlauf des Donners darstellen, wenn sich der Beobachter bei B in Figur 178 befindet und der Blitz in seinem Verlaufe durch die Curve A E gegeben erscheint. Hier gelangen nach dem Eintreten des Blitzes zuerst die aus E, a und a' kommenden Schallwellen, und zwar im selben Momente an den Beobachter, hierauf jene aus b; diesen folgen gleichzeitig die in c und c' erregten, dann ebenfalls

Fig. 178.



Zur Erklärung des Donnerrollens.

gleichzeitig die in d d' und d'' erregten Schallwellen, hierauf nur die in e erregten und auf diese folgen die Schallwellen aus f; dann folgen wieder gleichzeitig Schallwellen aus g und g' und schließlich nacheinander aus h und A. Es bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung, um zu zeigen, daß der Verlauf des Donners, welcher einem derartigen Blitze entspricht, ein sehr ungleichförmiger sein muß. Daß aber hierbei für die Bahn des Blitzes nicht etwa eine Curve gewählt wurde, die in der Natur gar nie vorkommen kann, läßt Figur 179 erkennen. In dieser sind die Blitzstrahlen aus der in Figur 139

(S. 462) reproducirten Blitzphotographie dargestellt; die vom Mittelpunkte B, dem angenommenen Standpunkte des Beobachters aus in gleichen Abständen von einander gezogenen concentrischen Kreise verbinden jene Punkte der Blitz-

Fig. 179.

Zur Erklärung des Donnerrollens.

bahnen, welche vom Beobachter gleich weit entfernt waren, also zur selben Zeit Schallwellen dem Beobachter zusandten. Sonach gelangten zunächst die in den Punkten a_1 bis a_4 erregten Schallwellen nach B, hiernach jene aus den Punkten b_1 bis b_5 u. s. w.; dem Beobachter müssen der Reihe nach Schall-

wellen aus 4, 5, 5, 4, 6, 12, 9, 7, 6, 6, 6 u. s. w. Punkten zugekommen sein. Schon aus dieser, eine rohe Annäherung darstellenden Uebersicht kann man ohne Mühe erkennen, daß der Donner, der diesem verzweigten Blitze folgte, von einem Beobachter in B als sehr mannigfaltiges Rollen hätte vernommen werden müssen. In Wirklichkeit mußte diese Mannigfaltigkeit aber noch dadurch eine wesentliche Steigerung erfahren, daß die einzelnen Blitzstrahlen durchaus nicht von gleicher Intensität waren, daß also auch der von ihnen erzeugte Donner für jeden Strahl eine andere, eben seiner Intensität entsprechende Stärke erlangt haben muß.

Nun kommt aber noch ein Umstand in Betracht, der unseres Dafürhaltens mannigfach verändernd auf die Intensität und die Art des Donners einwirken muß; es ist dies die Wirkung des Mediums, in welchem der Blitz auftritt und in welchem sich das Donnergeräusch fortpflanzt.*) Bei der oft sehr bedeutenden Länge des Blitzstrahles kann das Medium, welches dieser längs seiner ganzen Bahn antrifft, um so weniger als ein gleichförmiges oder homogenes betrachtet werden, als eben gerade während eines Gewitters anormale Verhältnisse in der Atmosphäre herrschen. Der Blitz wird somit ohne Zweifel Schichten durcheilen, die ihm ganz wesentlich verschiedene Widerstände darbieten werden. Die Widerstände ändern sich nämlich mit der Dichte der Luft, mit der Temperatur derselben und mit ihrem Wassergehalte; dabei wird es keineswegs gleichgiltig sein, ob das Wasser in Gasform, Bläschen- oder Tropfenform vorhanden ist, oder ob Eisnadeln in der Luft schweben. Hierzu kommt noch, daß diese Verschiedenheiten, welche von Schicht zu Schicht in einem gegebenen Momente bestehen, im nächsten Momente vielleicht schon ganz andere sein können, da die mit Gewittern stets auftretenden heftigen Luftströmungen rasche Verschiebungen bewirken werden. Findet der Blitz somit im Verlaufe seiner Bahn verschiedene Widerstände, so muß auch der durch ihn in den einzelnen Punkten seiner Bahn erzeugte Schall ein sehr verschiedener sein, selbst wenn man den Blitz als einen continuirlichen Strahl auffaßt und ihm daher an jedem Punkte seiner Bahn dieselbe Intensität zuschreibt. Dies ist jedoch nur die eine Hälfte der Wirkungen des Mediums, nämlich die Wirkung des Mediums auf die Erzeugung des Schalles; die zweite Hälfte der Wirkungen macht sich auf die Fortpflanzung des durch den Blitz erzeugten Schalles von der Blitzbahn aus bis an das Ohr des Beobachters hin geltend.

Erinnern wir uns abermals der bedeutenden Länge und der mannigfachen Form des Blitzstrahles, so wird man bei der eben angedeuteten Beschaffenheit der Atmosphäre wohl nicht umhin können, zuzugeben, daß der

*) Den Einfluß der Beschaffenheit des Mediums auf den Schall hat bereits Poisson nachgewiesen. (Vergl. S. 536.)

Beobachter einen ganz verschiedenen Schalleindruck erhalten kann, je nachdem der Schall an einem Punkte oder an einem von diesem weiter entfernten Punkte der Blitzbahn erzeugt worden ist — selbst unter der Voraussetzung, daß diese beiden Punkte gleich weit vom Beobachter entfernt sind, und daß die Schallerregungen in beiden Punkten genau dieselben waren. Die Verschiedenheit der Schallwahrnehmungen wird eben davon herrühren, daß die von dem einen Punkte ausgehenden Schallwellen auf ihrem Wege zum Beobachter andere Verhältnisse in der Beschaffenheit und Lagerung der einzelnen Schichten der Atmosphäre antreffen können und wohl in der Mehrzahl der Fälle auch antreffen werden, als die von dem anderen entfernten Punkte ausgehenden Wellen.

Fassen wir nochmals Alles kurz zusammen, so glauben wir die Mannigfaltigkeit des Donnerrollens der Hauptsache nach der Beschaffenheit des Blitzes selbst zuschreiben zu müssen, wie uns diese die Blitzphotographien erkennen lassen. Der Blitz, und zwar namentlich in seiner ja häufig beobachteten Form als verzweigter Blitz, erzeugt auf den vom Beobachter in sehr verschiedenen Entfernungen befindlichen Punkten seiner Bahn sehr verschiedene Geräusche, und zwar sowohl infolge der verschiedenen Intensität seiner einzelnen Verzweigungen, als auch infolge der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit des Mediums, welche auf den einzelnen Punkten der Blitzbahn herrscht. Diese Verschiedenheit der durch den Blitz erzeugten Geräusche erfährt noch eine weitere Veränderung durch die Fortpflanzung bis zum Beobachter, und zwar sowohl infolge der verschiedenen Entfernungen, die bis zu diesem zurückzulegen sind, als auch infolge der Verschiedenheit der Schichten, welche die von verschiedenen Punkten der Blitzbahn ausgehenden Schallwellen passiren müssen, um zum Beobachter zu gelangen.

Selbstverständlich soll hiermit die Wirkung des Echos nicht ganz in Abrede gestellt werden; das Echo wird, wenigstens in Gebirgsgegenden, zur Erhöhung der Mannigfaltigkeit des Donnerrollens gewiß beitragen. Ob aber auch die Wolken namhafte Echowirkungen zu erzielen vermögen, scheint uns sehr zweifelhaft zu sein. Ebenso wenig dürften Interferenzwirkungen, die übrigens gewiß nicht als ganz unmöglich vollständig ausgeschlossen werden können, zur Erklärung des Rollens vollkommen ausreichen.

Sechste Abtheilung.

Blitz- und Gewitterwirkungen.

I.

Einwirkung irdischer Objecte auf den Blitzschlag und seinen Verlauf.

Die Wirkungen, welche der Blitz und die Gewitterelektricität überhaupt auszuüben vermögen, sind sehr mannigfache und werden noch mannigfacher durch die verschiedene Beschaffenheit der betroffenen irdischen Objecte, lebender sowohl als auch lebloser, so daß es schwer fällt, sie übersichtlich zu gruppiren, sie zu einem einheitlichen Bilde zusammenzufassen. Allerdings ist der Blitz seiner physikalischen Natur nach auch nichts anderes als ein elektrischer Funke und es könnten somit Verhalten und Wirkungen des Blitzes in derselben Reihenfolge und Gruppirung behandelt werden, wie dies in der ersten Abtheilung für die Spannungselektricität durchgeführt wurde. Wir hätten sonach zunächst jene Umstände festzustellen, durch welche das Eintreten eines Blitzschlages herbeigeführt wird (entsprechend Cap. IV, Abthlg. I, S. 48), und hieran wären die chemischen, die mechanischen, die Wärme-, Licht-, magnetischen und elektrischen Wirkungen zu reihen (Cap. V, S. 56). Da nun aber jene Umstände, unter welchen wir im Laboratorium Entladungsschläge herbeiführen, nicht immer jenen Umständen gleichgemacht werden können, unter welchen Blitzschläge erfolgen und da die Blitzschläge ganz unvergleichlich mächtigere Entladungen darstellen, als wir mit unseren kräftigsten Elektricitätserregern irgendwelcher Art künstlich hervorrufen können, so werden wir auch die angedeutete Gruppirung der Blitzwirkungen nur im allgemeinen einzuhalten vermögen, in speciellen Fällen aber eine andere Zusammenfassung wählen müssen, die es gestattet, die Gesammtwirkung eines Blitzschlages einheitlich und übersichtlich darzustellen. Dies vorausgesandt, wenden wir uns

nun zunächst der Betrachtung jener Umstände zu, durch welche im allgemeinen das Eintreten eines Blitzschlages ermöglicht oder befördert wird.

Ein Entladungsstrom kommt, wie oben (S. 49) gezeigt wurde, unter Anderem auch dadurch zustande, daß man einen elektrisirten Körper in die Lage versetzt, influenzirend auf die Erde einwirken zu können, was immer dann der Fall ist, wenn man behufs Verbindung des Körpers mit der Erde eine Annäherung zwischen beiden, also z. B. unter Vermittlung eines Leitungsdrahtes bewerkstelligt. In gleicher Weise entsteht ein Blitzschlag. Die, z. B. positiv elektrische, Gewitterwolke wirkt influenzirend auf die Erde, zieht die negative Elektricität an und stößt die positive ab; erstere sammelt sich an der Erdoberfläche an, letztere wird abgestoßen und entfernt sich von dem influenzirten Stücke der Erde. Hat die Dichte der Elektricität eine hinreichende Größe erlangt, so erfolgt die Vereinigung der negativen Influenzelektricität mit der positiven Elektricität der Gewitterwolke in Form eines Blitzes. Da, unter sonst gleichen Umständen, die Gewitterwolke einerseits auf jene Punkte der Erdoberfläche am kräftigsten influenzirend wirken muß, die der Wolke am nächsten sich befinden, andererseits die Dichte der Elektricität auf der Oberfläche irgend eines Körpers desto größer wird, je kleiner der Krümmungsradius des betreffenden Flächenelementes ist (vergl. S. 27), so werden wir mit einiger Wahrscheinlichkeit voraussetzen können, daß der Blitz vorzugsweise *spitze* und *hochgelegene Objecte* trifft. In der That entspricht dieser Voraussetzung auch die Beobachtung: Der Blitz trifft vorzüglich Thürme, Kamine, Maste und hohe vereinzelte Bäume, Denksäulen und selbstverständlich hoch in die Luft ragende Berggipfel.

Die Thatsache, daß der Blitz vorzugsweise hochgelegene Punkte trifft, läßt sich aus unzähligen Beobachtungen nachweisen und ist überdies so allgemein bekannt, daß wir hier verzichten können, diesen Nachweis wirklich zu liefern; die Anführung weniger Beispiele wird vielmehr um so eher genügen, als bei der folgenden Besprechung der Blitzwirkungen wiederholt Beobachtungen solcher Art mitgetheilt werden müssen.

Nach *Evrard's* Angaben hat der Blitz in Frankreich im Zeitraume von 33 Jahren 386 Thürme getroffen und dabei 103 Glöckner getödtet. Man sollte glauben, daß ein derartig drastischer Beleg es doch vermöchte, endlich einmal den sinnlosen Aberglauben zu zerstören, daß durch das »*Wetterläuten*« die Gewitter vertrieben oder die Blitze ihrer schädlichen Wirkung beraubt werden könnten.

In der Nacht vom 14. zum 15. April 1718 schlug, wie **Arago** berichtet, der Blitz in 24 Kirchthürme auf der Küste der Bretagne zwischen Lauderneau und St. Pol de Leon und gerade in solche, wo man läutete, um

ihn abzuwehren; Deslandes, der den diesbezüglichen Bericht der Akademie übergab, fügt hinzu: »Benachbarte Kirchen, wo man nicht läutete, blieben verschont.« Allerdings darf aber aus dieser kurzen und unzureichenden Angabe noch nicht geschlossen werden, daß das Läuten der Glocken den Blitz geradezu anziehe. Am selben Tage traf er den Kirchthurm von St. Michael in London.

Häufig wurde, wie H. J. Klein berichtet, der Marcusthurm in Venedig von Blitzschlägen heimgesucht, worunter der am 23. April 1743 erfolgte Schlag durch Zerschmetterung der steinernen Pyramide einen Schaden von 45.000 Mark verursachte. Viel hatte auch der Thurm des Straßburger Münsters von Blitzschlägen zu leiden. Im Jahre 1777 traf der Blitz den Thurm der Kirche zum hl. Grabe in Cremona, zerschmetterte das eiserne Kreuz und schleuderte eine kupferne Fahne weit fort. Im Jahre 1819 fiel ein Blitz auf den Thurm der Dorfkirche in Chateauneuf (Departement der Niederalpen), schleuderte das Kreuz weit weg, brach durch das Gewölbe in die Kirche, warf den Priester und den Ministranten zu Boden und verwundete außerdem noch 80 Personen, darunter 8 tödtlich; ein Zweigstrahl erreichte überdies noch das Pfarrhaus und tödtete dort ein Pferd und mehrere Schafe. Der Thurm auf dem Kreuzberge bei Bonn wurde im Jahre 1809 vom Blitze getroffen und in Brand gesteckt; den neuaufgebauten Thurm erreichte ein Blitzschlag im Jahre 1857. Am 9. März 1859 traf der Blitz den Thurm der Gertrudenkirche in Nivelles bei Brüssel und zündete, so daß das ganze Gebäude, eines der ältesten, schönsten und größten romanischen Baudenkmale, gänzlich ein Raub der Flammen wurde. Im Juni 1861 schlug der Blitz in die hohe Ulrichskirche in Magdeburg, die gänzlich ein Raub der Flammen wurde.

Im Juni 1886 schlug während eines Gewitters der Blitz in den Uhrthurm auf dem Schloßberge in Graz ein. Der Wächter und dessen Angehörige blieben längere Zeit bewußtlos. Auch in den Thurm der St. Leonhardskirche schlug der Blitz ein, ohne zu zünden. Große Stücke des Gesimses wurden 20 bis 30 Schritte weit fortgeschleudert.

Im Juli 1886 zerstörte ein Blitzschlag die zur Feuermeldung bestimmte Telegraphenleitung des Stephansthurmes in Wien und gefährdete das Leben der Wachmannschaft. Die hierauf vorgenommene Untersuchung des Blitzableiters von der Spitze bis in den Grund hat kein Gebrechen erkennen lassen. Zur größeren Sicherheit entschloß man sich nun, den bisher in einer Länge von ungefähr 3 Meter frei auslaufenden unterirdischen Kupferdraht des Kabels in ein gußeisernes Auslaufrohr zu betten.

Am 17. Mai 1887 entlud sich über Brünn ein furchtbares Unwetter, welches ungeachtet seiner nur halbstündigen Dauer viele Schäden anrichtete.

Die Communicationen wurden vielfach beschädigt; eine tief gelegene Sackgasse wurde mehrere Fuß unter Wasser gesetzt, so daß die Bewohner der Häuser derselben delogirt werden mußten. Die Apparate im städtischen Feuer-Telegraphenbureau wurden beschädigt. Der Blitz schlug auch in die etwa 15 Meter hohe Siegessäule auf dem Franzensberge und riß bis zur Hälfte derselben die mächtigen Marmorquadern aus ihren Fugen. Dieses Wahrzeichen Brünns wurde im Jahre 1815 von den Ländern Mähren und Schlesien nach dem Friedensschlusse zu Ehren des Kaisers Franz, seiner Bundesgenossen und des österreichischen Heeres errichtet und vom mährischen Landtage im Jahre 1848 als National-Denkmal erklärt.

Die vorstehenden Beispiele mögen einstweilen genügen, um die Vorliebe des Blitzes für hochgelegene Punkte darzuthun; zur Beibringung weiterer Belege wird sich ohnehin noch bei Besprechung der Blitzwirkungen auf gewisse Gruppen von Objecten Gelegenheit darbieten. Hier möge aber noch beigefügt werden, daß man hierbei nicht an die absolute Höhe eines Punktes über dem Meere zu denken hat, sondern natürlich an dessen relative Höhe, an seine Erhebung über die Umgebung. Einen solchen relativ hohen Punkt bilden auf einer Ebene z. B. schon ein Strauch, ein Zaun, stehende Getreidegarben u. s. w. Werden doch leider alljährlich Feldarbeiter erschlagen, welche während eines Gewitters Schutz unter aufgeschichteten Getreidegarben suchen. So schlug, wie H. J. Klein erzählt, der Blitz am 13. August 1857 in der Umgebung von Effern bei Köln in vier auf dem Felde stehende Getreidebarme ein. Ein Ackerknecht hatte mit seinem Pferde kurz vorher unter einem derselben Schutz gesucht. Die herbeieilenden Dorfbewohner fanden ihn erschlagen und fast verbrannt und hatten große Mühe, die in Flammen stehenden Garben zu löschen.

P. v. Salis hat als Resultat dreißigjähriger Beobachtungen in der Schweiz gefunden, daß der Blitz viel häufiger tief gelegene Landestheile besucht als die Höhen; es erwiesen sich nämlich die in niedrigen Landestheilen und auch die in von hohen Bergen eingeschlossenen Thälern geführten Telegraphenleitungen durch den Blitz vielmehr gefährdet als die über die hohen Alpenstraßen ziehenden Linien. Im Verlaufe von 30 Jahren konnte v. Salis nicht einen Fall constatiren, in welchem daselbst ein Blitzschlag auf ein Gebäude erfolgt wäre, veranlaßt durch die Anwesenheit einer Telegraphensäule oder weil Isolatoren daran befestigt waren; hingegen wurden Hunderte von Isolatoren an Seeufern zerschlagen, während solche Zerstörungen auf den hohen, den Gletschern benachbarten Alpenpässen selten vorkamen. Noch häufiger als die Isolatoren wurden die Telegraphensäulen durch Blitzschläge beschädigt. Der Blitz schlug selten in der unmittelbaren Nähe von Bächen und Flüssen

ein, aber mit Vorliebe in der Nähe der Seen. Sehr häufig wurden die Telegraphensäulen an den Ufern des Vierwaldstättersees hiervon betroffen.

Die Vertheilung der Blitzschläge in der Schweiz scheint sonach nicht so sehr durch die Höhenlage der verschiedenen Landestheile, als vielmehr durch die Anwesenheit *großer, zusammenhängender Wassermassen* bestimmt zu sein. Es liegt hierin jedoch weder eine unerklärbare Erscheinung noch ein Widerspruch mit dem oben aufgestellten Satze: der Blitz zieht unter sonst gleichen Umständen hochgelegene Punkte vor. Das Einschlagen des Blitzes wird eben nicht nur durch die größere oder geringere Entfernung eines Punktes der Erdoberfläche von der Gewitterwolke erschwert oder begünstigt, sondern auch von der geringeren oder besseren elektrischen Leitungsfähigkeit eines solchen Punktes. Ein schlecht leitender Felsen wird nie eine so kräftige Influenzwirkung erfahren können, als das verhältnißmäßig gut leitende Wasser natürlicher Reservoirs, in welchen die Trennung der beiden Influenzelektricitäten rasch und ausgiebig erfolgen kann. Das die Erde durchdringende Wasser ist das vorzüglichste Mittel, um die Entladung der Wolke durch die Erde zu bewirken. Blitzschläge werden daher vorzüglich an jenen Stellen der Erdoberfläche eintreten, an welchen die Entladung direct gegen ein großes natürliches Wasserreservoir erfolgen kann oder an solchen Stellen, wo in irgendeiner Weise ein relativ gut leitender Zusammenhang zwischen dem betreffenden Punkte der Erdoberfläche und großen zusammenhängenden Wassermassen, also im allgemeinen mit dem Grundwasser hergestellt ist. Es ist sonach der Weg, den ein Blitzstrahl nimmt, in der Regel schon im Vorhinein durch die Terrainbeschaffenheit und durch die Anordnung der mehr oder weniger gut leitenden Körper zwischen dem über die Erdoberfläche emporragenden Punkte und dem unterirdischen oder Grundwasser bestimmt. Dieses ist in allen Fällen das Endziel, wonach jeder Blitzstrahl strebt. Als Weg dahin wählt er sich immer jene Körper, die ihm den geringsten Leitungswiderstand darbieten. Es ist daher wohl möglich, daß er sein Ziel scheinbar auf Umwegen zu erreichen sucht, aber dieser Verlauf wird doch immer ein derartiger sein, daß die Summe aller Widerstände auf dem ganzen Wege die möglichst geringste ist.

Ein höchst interessantes Beispiel für das Aufsuchen des Grundwassers durch den Blitz bildet ein Blitzschlag, der am 26. Juli 1886 zu Sallach am Wörthersee (Kärnten) erfolgte. F. *Seeland* berichtet hierüber: Am 26. Juli zogen nach 8 Uhr Abends drei arge Gewitter aus Süd, West und Nordwest über den Horizont herauf, so daß der Himmel fast continuirlich in elektrischem Feuer stand. Ein kräftiger Sturm peitschte den See und die Bäume und mäßiger Regen fiel dazwischen erquickend auf den dürren Boden nieder. Das

Donnerrollen war mäßig, aber um so intensiver zuckte Blitz auf Blitz durch die Luft. Das Unwetter dauerte etwas über eine Stunde, und klärte sich der Himmel bald wieder auf. Kurz vor Mitternacht zeigten sich abermals zerstreute Wolken, und ein neuerliches Gewitter mit nur etlichen Donnerschlägen rückte an, deren einer die ganze Umgegend von Sallach aus dem Schlafe schreckte und die Katastrophe beim Bauer Schwarz in Sallach herbeiführte. Zwischen Haus- und Stallgebäude stehen nebst der Schweinstallung mehrere Bäume, darunter war eine etwa 30 Meter hohe Esche mit einem Meter Durchmesser am Stamme. In diese fuhr der Blitz und zerschmetterte sie derart, daß ungefähr $^2/_3$ der Holzmasse in circa fünf Meter langen Stücken sammt der Wurzel und anhaftender Erde gegen den Obstgarten bis auf 10 bis 20 Meter Distanz geschleudert wurden. Die Wurzelstöcke liegen am entferntesten, einer hängt sogar auf dem Apfelbaum, die Wipfelenden liegen dagegen am stehengebliebenen Rumpfe der Esche. Der Blitz fuhr nach dieser Zerstörung nicht in die Erde, sondern längs des nahen Jauchegrabens, der an der nordöstlichen Schweinstallecke, wo ein Schwein getödtet wurde, vorüber gegen die Stallthür zieht, durch die südliche Mauer nächst der unteren Thürangel in den Stall, tödtete die neben der Mauer liegenden zwei Kühe und fuhr durch die westliche Stallmauer wieder hinaus in den circa vier Meter entfernten Hausbrunnen. In der Erde und am Brunnenkranze sieht man die letzte Spur dieses unheilvollen Blitzschlages, der den armen Besitzer um zwei schöne Kühe, davon eine halbgemästet und um ein halbgewachsenes Schwein brachte.

Im Schweinstalle waren mehrere Schweine, die alle erhalten blieben. Das getödtete Schwein scheint an der nordöstlichen Ecke da gelegen zu sein, wo sie den Jauchecanal tangirt. Neben den zwei Kühen im Stalle war ein junges Kalb, das vermuthlich, weil es keine Halskette aus Eisen trug, verschont blieb. Das andere Vieh, die Ochsen u. s. w. waren weit entfernt an der Nordwand angehängt und blieben daher unversehrt. Bei dem schweren Unglücke, welches über Schwarz in dieser verhängnißvollen Nacht hereinbrach, ist es noch ein glücklicher Zufall zu nennen, daß der Blitz nicht zündete, und die Großmutter, welche im Wohnhause, an der Mauer neben dem Schweinstalle schlief, verschonte.

Da, wie oben erwähnt, der Blitz auf seinem Wege zum Grundwasser die Bahn der geringsten Widerstände verfolgt, so müssen offenbar auch alle guten Leiter Anziehungspunkte für den Blitz bilden. Von Leitern sind, wie wir wissen (vergl. S. 7), in erster Linie die Metalle zu nennen und somit müssen auch diese Hauptanziehungspunkte für den Blitz darstellen. Daß dies den thatsächlichen Verhältnissen auch wirklich entspricht, läßt sich durch zahllose Beobachtungen beweisen; hiervon nachstehend einige Beispiele.

Im Jahre 1754 traf der Blitz die aus Holzwerk construirte Spitzsäule von 67 Fuß Höhe, welche auf den viereckigen, gleichfalls aus Holzwerk bestehenden Glockenthurm der Stadt Newbury in den Vereinigten Staaten gesetzt war und warf dieselbe nach allen Seiten auseinander. Nachdem der Blitz diese entsetzliche Verwüstung angerichtet und die Höhe des oberen Endes des viereckigen Thurmes erreicht hatte, folgte er einem Eisendrahte, welcher den Hammer der Glocke mit dem viel tiefer liegenden Räderwerke der Uhr verband. Dieser Draht, von der Dicke einer Stricknadel und 19 Fuß Länge, wurde ganz in Rauch verwandelt, mit Ausnahme eines etwa zweizölligen Stückes, welches nach dem Unfalle noch an dem Stiele des Hammers hing, und eines anderen, gleichlangen Stückes, welches sich noch mit der Uhr verbunden vorfand. Der Weg des Drahtes längs der mit Gips verkleideten Wände und der beiden Thurmdecken war durch einen schwarzen Streif, wie von einem abgebrannten Laufeuer bezeichnet. Diese schwarze Zeichnung bestand ohne allen Zweifel aus den in unfühlbare Theilchen zerstäubten Bestandtheilen des Drahtes.

Ein anderer gleichfalls von Arago mitgetheilter Fall betrifft einen sehr heftigen Blitzschlag, der am 10. Juni 1764 auf den schönen Glockenthurm von Saint-Brides in London fiel und daselbst arge Zerstörungen anrichtete, die gleich darauf von William Watson und Eduard Delaval untersucht und beschrieben wurden. Das Merkwürdigste, was sich darbot, bestand in folgendem:

Der Blitz schlug zuerst in die Windfahne des Thurmes; von da an fuhr er an der sie tragenden eisernen Stange hinab, die tief zwischen die großen Quadersteine eingelassen war, welche die Spitze des Thurmes bildeten. Diese Stange von 2 englischen Zoll Durchmesser hatte 20 Fuß Länge und stand mit ihrem unteren Ende in einer 5 Zoll tiefen Höhlung, mitten in den tiefsten der soeben erwähnten Werkstücke. Durch umgegossenes Blei war die Stange möglichst eng mit diesem Steine verbunden. Der Blitz riß theilweise von der Spitze des kupfernen Kreuzes, welches auf der Kirche stand, die Vergoldung herunter und schwärzte dasselbe; er schmolz an einigen Stellen Theile der Löthung. Sein Weg durch die 20 Fuß lange Eisenstange ließ keine bemerkbare Spur zurück, weder am Eisen noch an irgend einem Theile des umgebenden Mauerwerkes; aber da, wo das Metall aufhörte, begann die wahre Verheerung. Der große Quaderstein, in dessen Mitte das untere Ende der Eisenstange mit Blei befestigt war, bot in den nach allen Richtungen hin entstandenen Rissen und Spalten deutliche Zeichen einer heftigen Erschütterung dar. In der Höhe desselben Steines war von innen nach außen eine breite Oeffnung durch die ganze Mauer der Kirchspitze entstanden. Den weiteren Weg abwärts schien der Blitz sprungweise die einzelnen eisernen Stangen oder

Klammern entlang zurückgelegt zu haben. Nur beschränkte er sich, was man nicht übersehen darf, bei dieser Wanderung nicht bloß auf die sichtbaren metallischen Theile; die in der Dicke des Mauerwerks verborgenen Klammern, welche die behauenen Steine unter sich zusammen hielten, entgingen ihm ebenso wenig.

Endlich fand man gespaltene, zerborstene, zermalmte, verschobene und wie Geschosse fortgeschleuderte Steine, genau oder wenigstens sehr nahe an den Enden der beim Baue des Thurmes eingefügten eisernen Klammern. An allen anderen Stellen sah man entweder gar keine oder nur sehr unbedeutende Zerstörungen. Nach solchen Wirkungen möchte man glauben, es sei dem Blitze nur mit großem Kraftaufwande, wobei er alles um sich herum zerstörte, gelungen, an den Enden der durchlaufenen Metallmassen auszutreten.

Die Aufsuchung und Verfolgung des Metalles ist auch sehr deutlich aus dem von Reimarus erzählten Blitzschlage vom Jahre 1785 zu Avignon zu ersehen; um zu den Eisenstangen zu gelangen, hat dort der Blitz wiederholt Mauern durchbrochen. (Siehe S. 408.)

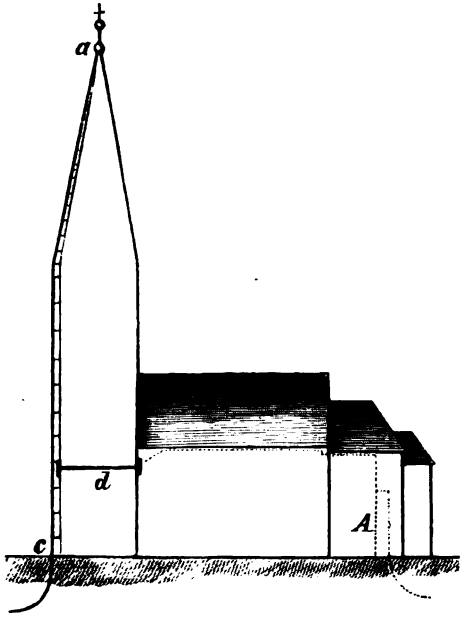
Am 20. April 1807 schlug der Blitz in die Windmühle zu Great-Marton in Lancashire. Eine dicke eiserne Kette, welche zum Aufwinden des Getreides diente, mußte durch ihm, wenn nicht geschmolzen, so doch wenigstens beträchtlich erweicht worden sein, denn die einzelnen Glieder, welche durch das untere Gewicht von oben nach unten gezogen wurden, verbanden sich oder schmolzen dergestalt zusammen, daß die Kette nach dem Blitzschlage ein wirklicher Eisenstab geworden war.

Die zu Great-Marton beobachtete Erscheinung wiederholte sich, wie Arago berichtet, im Juni 1829 in der Windmühle zu Toothill (Essex). Auch da fanden sich infolge eines heftigen Blitzschlages die Glieder einer eisernen Kette, welche zum Aufwinden von Getreidesäcken diente, unter einander zusammengeschmolzen.

Das Bestreben des Blitzes, den gut leitenden Metallmassen zu folgen, ist nicht nur von theoretischem Interesse, sondern hat auch eine hervorragende praktische Bedeutung. Beruht hierauf einerseits die Herstellung von Blitzableitern, so erfordert dies andererseits eben bei Anwendung dieser Schutzmittel eine sorgfältige Berücksichtigung aller Metallmassen an dem zu schützenden Objecte, wenn dieser Schutz nicht ein illusorischer sein soll, d. h. wenn ein Abspringen des Blitzes vom Blitzableiter auf das zu schützende Object vermieden werden soll. Es wird sich weiter unten Gelegenheit darbieten, hierauf näher einzugehen, hier mögen nur zwei Beispiele für das durch benachbarte Metallmassen veranlaßte Abspringen des Blitzes von dem Ableiter angeführt werden.

Ein derartiger Blitzschlag, berichtet Reesen (aus der Sammlung Weber's), wurde an der Nikolaikirche in Flensburg am 4. August 1879 beobachtet. Hart an dem Thurme, an welchem eine in gutem Zustande befindliche Blitzableiterleitung angebracht war, lag ein Schulhaus, dessen parterre gelegenes Schulzimmer mit Gasarmen versehen war. Dieselben, mit Blechschirmen ausgerüstet, waren zur Zeit des Blitzschlages bis dicht unter die Decke aufgeschlagen. Die Wirkungen des Blitzes bestanden nur in einer ganzen Reihe von

Fig. 180.



Blitzschlag in die Kirche zu Hattstedt.

kleinen Löchern in der Gipsdecke. Die Drähte der letzteren waren theils intact geblieben, theils verschwunden. Der Blitz wurde offenbar von der Hauptleitung (des Blitzableiters) zum Theil in einen eisernen Anker, welcher sich in der Höhe der Gasarme befand, übergeleitet. Dieser Weg zeigte sich durch eine eingetretene unregelmäßige Magnetisirung des Ankers angezeigt. Der Anker war 3·3 Meter vom Blitzableiter entfernt. Die Vorbedingungen zu einer Seitenentladung fanden sich namentlich auch dadurch gegeben, daß zur Zeit des Blitzschlages die betreffende Parterrestube unter Wasser, somit die Gasleitung sich in sehr guter Verbindung mit dem Grundwasser befand.

Noch auffälliger tritt das Abspringen bei den Blitzschlägen hervor, welche die Kirche zu Hattstedt am 21. October 1879 und am 29. Juli 1880 trafen.

Die Anordnung des Blitzableiters war folgende: Von der Fangstange a, Figur 180, mit Platinspitze führte die Leitung a c an der Westseite des Thurmes herunter. In der Nähe der Leitung gingen mehrere eiserne Anker senkrecht durch den Thurm in das Schiff der Kirche. Von diesen verschiedenen Ankern waren die beiden längsten durch dünnen Draht mit der Leitung verbunden. In der Figur ist der südliche Anker d gezeichnet. Die Länge der Anker betrug 9·3 Meter; dieselben lagen 5 Meter über dem Erdboden. Der Blitz ist nun zum Theil in beide Anker gefahren; der in den nördlichen Anker abgezweigte Theil fuhr neben einem benachbarten, mit Eisenbeschlägen versehenen Kirchenfenster, die Außenmauer zersprengend, ins Freie; der in den südlichen Anker abgezweigte Theil verbreitete sich über die $1^1/_2$ Meter über dem Anker liegende Gipsdecke (mit eingezogenen Drähten) und fuhr dann, an dem Altare A. die Vergoldung desselben schwärzend, in die Erde. Die Figur gibt den Weg des Blitzes in punktirten Linien an. Bei der Untersuchung ergab sich die Erdleitung der Blitzableiteranlage als sehr unvollkommen. Ein Fehler der Anlage war ersichtlich die Verbindung der eisernen Anker an dem einen Ende mit der Leitung, ohne für Ableitung des anderen Endes zu sorgen.

Nach diesem Blitzschlage wurde die Erdleitung durch Versenkung einer Platte von 1 Quadratmeter in Grundwasser verbessert. Die Ostenden der Anker wurden mit einander verbunden und gleichfalls mit einer Erdleitung versehen; diese Arbeit wurde jedoch mangelhaft ausgeführt, indem man die Verbindungsdrähte aus Kupfer nur lose um die Enden des Ankers wickelte und der Erdableitung dieser Anker eine Erdplatte von $^1/_3$ Quadratmeter gab, die nicht im Grundwasser lag. Der zweite Blitzschlag, am 29. Juli 1880, blieb infolge dieser Mängel daher auch nicht ganz auf der Leitung, sondern zweigte sich zum kleinen Theile wieder auf dem früheren Wege über die Gipsdecke zum Altar ab. Die Beschädigungen waren aber sehr unbedeutend. Zum Theil mag diese Geringfügigkeit der Beschädigungen auch auf der geringeren Stärke des Blitzes beruhen, denn während im Jahre 1879 die Platinspitze abgeschmolzen wurde bis auf einen stumpfen Kegel, dessen obere Platte 7 Millimeter Durchmesser hatte, so ist von einer solchen Schmelzung im Jahre 1880 nichts erwähnt.

Schließlich möge hier noch ein Bericht, welchen K. Deschmann über den Verlauf eines Blitzes an einer Getreideharpfe erstattet hat, mitgetheilt werden. Man versteht unter Getreideharpfen die in Krain landesüblichen Gerüste zum Trocknen von Getreide, Klee, auch Heu. Ihre Construction ist

fast durchgehends aus Holz; sie bestehen aus verticalen eichenen Pfeilern in entsprechenden Entfernungen, welche mittelst horizontaler in die viereckigen Löcher an den Hauptpfeilern eingefügter, übereinander stehender Querstangen mit einander verbunden sind; in die Zwischenräume kommen die zu trocknenden Feldfrüchte. Jede solche Abtheilung von Querhölzern wird ein Fenster genannt. Zum Schutze vor Regen läuft eine schmale Dachresche ober der ganzen Länge des Gerüstes, und da bei heftigen Stürmen die Harpfen oft zu Boden geworfen werden, so pflegt man sie mittelst schiefgestellten Stützbalken an der den starken Winden entgegengesetzten Seite vor solchen Katastrophen zu sichern.

Diese Trockengerüste werden als freistehende Objecte von beiläufig 5 Meter Höhe nicht selten vom Blitze getroffen und sammt den Feldfrüchten eingeäschert; stehen sie jedoch leer und erfolgt durch den Blitz nicht die Entzündung, so hat man Gelegenheit, an den Absplitterungen des Holzes den oft merkwürdigen Verlauf der elektrischen Entladung wahrzunehmen. Für besonders interessant hält Deschmann die Abzweigungen und Uebersprungen eines sehr heftigen Blitzstrahles, von dem eine auf dem Laibacher Felde befindliche, vom Friedhof in St. Christoph etwa 300 Schritte nordöstlich entfernte Harpfe bei dem starken Nachmittaggewitter am 6. Juli 1884 getroffen wurde.

Während das Gewitter am heftigsten tobte, fuhr ein zackiger Blitz in die westliche Ecke der gedachten Harpfe. Gleich am ersten Berührungspunkte des Daches sonderte sich vom Wetterstrahl ein Zweigblitz an dem eichenen Eckpfosten ab und verlief an diesem in den Boden, der Hauptstrahl bewegte sich längs der Dachfirste horizontal weiter und entsandte, beim zweiten verticalen Hauptpfeiler angelangt, längs diesem einen zweiten Blitzast zur Erde. Hierdurch geriethen die beiden äußersten mit eben geschnittener Gerste gefüllten Fenster der Harpfe in Brand, es blieben nur mehr die beiden verkohlten Hauptständer übrig, wovon der äußerste bis auf einen kurzen Stumpf ganz zersplittert, der zweite in seiner ganzen Höhe stark verkohlt wurde und an dem bis zum Kernholz reichenden Risse den Lauf des Blitzes an seiner Rückseite zeigte.

Der Hauptblitz verfolgte nun den Weg am Dache weiter; vom dritten Ständer an war die in der weiteren Strecke leere Harpfe intact geblieben, die Absplitterungen an der Unterseite des Firstsparrens bezeichnen den Lauf des Hauptblitzes, an dem vierten Hauptständer bog dieser von der Firste zu einem großen eisernen Nagel vertical ab, womit ein Stützbalken mit dem Hauptgerüste verbunden ist; an diesem Punkte spaltete sich abermals der Wetterstrahl, indem ein Blitzast längs dem schiefen Stützbalken in den Boden fuhr, ohne irgend welche Brandspuren zurückzulassen, wohl aber erlitt der Balken am oberen Ende eine Spaltung und wurden aus demselben der ganzen Länge

nach bedeutende Holzpartien herausgerissen. Hiermit hatte die Wirkung des Hauptstrahles noch nicht ihr Ende erreicht, sondern derselbe sprang von dem früher erwähnten eisernen Nagel schief zum unteren horizontalen Sparren der Dachresche über, von dem er in der Nähe des siebenten Hauptpfeilers auf die dritte Querstange des Hauptgerüstes übersetzte, auf dieser beim achten Hauptständer angelangt, lenkte er an diesem vertical zum Boden ab, auf diesem letzten Wege eine am unteren Theile des Pfeilers angenagelte starke eiserne Platte von 0·8 Meter Höhe und 0·2 Meter Breite berührend, an der er einige Nägel herausriß und das Blechstück am oberen Rande etwas verbog; diese Metallplatte scheint den Anziehungspunkt für den Verlauf des Hauptstrahles längs der Harpfe gebildet zu haben; auch am achten Pfeiler hatte er starke Holzstücke herausgerissen, so daß man in die entstandenen Spalten die Faust hineinstecken kann.

Eine anziehende Wirkung auf den Blitz wird ferner auch noch dem Luftzuge und dem Aufsteigen starker Ausdünstungen und des Rauches zugeschrieben.

Ob der Luftzug den Verlauf des Blitzes wirklich zu beeinflußen vermag, oder ob in Fällen, die darauf hinzudeuten scheinen, andere Umstände die Ablenkung des Blitzes verursacht haben, darüber sind gegenwärtig die Ansichten noch getheilt. In der That liegt unseres Wissens gegenwärtig noch keine verläßliche Beobachtung vor, welche unzweifelhaft die Wirkung des Luftzuges erkennen läßt.

An vielen Orten der Erdoberfläche wird gegenwärtig ein häufiger und sehr heftiger Luftzug durch den Betrieb der Eisenbahnen erzeugt; es liegt daher die Frage, ob fahrende Züge häufig von Blitzen getroffen werden, gewiß sehr nahe. Die Antwort hierauf lautet, daß solche Fälle nur äußerst selten beobachtet wurden. Es kann dies jedoch keinesfalls befremden, da einerseits die Schienenstränge und häufig auch zahlreiche Telegraphen- und Signalleitungen, die elektrischen Entladungen aufnehmen können und, wie vielfach beobachtet, auch wirklich vielfach aufnehmen und andererseits eine elektrische Entladung, die thatsächlich den fahrenden Zug getroffen hat, an der Locomotive und den einzelnen Wagen desselben so bedeutende Metallmassen findet, daß sie wohl auch unbemerkt durch dieselben ihren Verlauf zur Erde nehmen kann. So erklärt sich auch, daß wir nur nachstehende drei Fälle aufgefunden haben, in welchen der Blitz bei fahrenden Zügen beobachtet wurde.

In der Nacht vom 25. October 1854, berichtet Sestier, auf der Strecke von Lyon nach Saint-Etienne, in der Nähe von Saint-Chamond, zerriß der Blitz einen Telegraphendraht und brach ein Rad eines Waggons. Bemerkenswert hierbei ist, daß die Reisenden wohl den heftigen Donnerschlag

hörten, aber keine Ahnung von der erfolgten Zerstörung hatten. Erst bei der Fortsetzung der Fahrt bemerkte man den erlittenen Schaden an dem hierdurch verursachten fortwährenden Schwanken des Wagens. Nun wurde der Zug angehalten und der beschädigte Wagen nach Ueberwindung vieler Schwierigkeiten ausgeschaltet; der böse Zufall hatte es gewollt, daß gerade jene Telegraphenlinie zerstört wurde, welche Lyon und Saint-Etienne — die Orte, woher Hilfe erbeten werden konnte — verband.

Am 8. Juli 1858 traf der Blitz den zwischen Birmingham und Wolverhampton dahineilenden Eisenbahnzug, Maschinenführer und Heizer waren eine Zeitlang von blauen Flammen umgeben, letzterer wurde durch einen Schlag an den Kopf betäubt. Alle Reisenden empfanden Erschütterungen und ein Conducteur wurde vorübergehend gelähmt. Der Blitz verließ den Zug längs der Schienen. (H. J. Klein.)

In der Wiener »Neuen Freien Presse« vom 5. Juni 1886 wurden mannigfache Blitzschäden gemeldet und hierauf heißt es: Zwischen den Eisenbahnstationen der Kaiser Franz Josef-Bahn Vilis-Pürbach schlug der Blitz in einen fahrenden Personenzug, ohne jedoch jemanden zu verletzen.

Ist der Blitz in den drei eben mitgetheilten Fällen durch den Luftzug angezogen worden oder haben die bedeutenden Metallmassen bestimmend auf seine Bahn eingewirkt? — H. J. Klein erzählt noch zwei andere, nicht Eisenbahnzüge betreffende Blitzschläge, bei welchen es ebenfalls nicht ausgeschlossen ist, daß der Luftzug den Wetterstrahl gelenkt hat: Im Jahre 1851 warf ein Blitzstrahl den berühmten Vorsteher der Sternwarte in Brüssel, M. Quetelet, sammt dem Observator zu Boden, ein zweiter Strahl schleuderte beide sogar durch die offen stehende Thür ins Freie, doch kamen sie mit einigen Brandwunden davon. Dieses Beispiel läßt es allerdings nicht deutlich genug erkennen, ob es der Einfluß des Luftzuges war, der den Strahl anlockte; dagegen dürfte man mit mehr Recht einen solchen bei dem Blitzschlage annehmen, der einst eine Anzahl Landleute zu Boden warf, die, um dem Regen zu entgehen, auf einem engen Pfade hinter einander liefen.

Für die Anlockung des Blitzes durch Ausdünstungen, feuchte Luft und Rauch sprechen mannigfache Beobachtungen; einige derselben mögen nachstehend mitgetheilt werden.

Als am 16. Juli 1857 zu Weilmünster bei Usingen Viehmarkt abgehalten wurde, brach ein Gewitter los und der Blitz schlug auf dem Marktplatze ein; er tödtete bei dieser Gelegenheit daselbst zwei Menschen und einige Stück Vieh.

Ein Blitz, der am 2. Juli 1862 in den Stall zu Hof Rütting bei Grevesmühlen einschlug, äscherte denselben vollständig ein; es kamen

hierbei 300 Schafe und mehrere Kälber um und außerdem wurden ein Kleevorrath, Wagen und Maschinen durch das Feuer vernichtet.

Ueber Gay Vieux Sarts bei Hamois (an der Ourthe) überraschte am 25. Mai 1865 ein heftiges Gewitter eine Herde sammt ihrem Hirten. Letzterer trachtete über einen Hügel hinweg, seine Hammeln in Sicherheit zu bringen, kam jedoch nur bis auf den Gipfel; daselbst angelangt, steckten sie, in zwei Haufen getheilt, die Köpfe zusammen und waren nicht weiter zu bringen. Da fiel unter furchtbarem Donnergekrache ein Blitzstrahl, oder richtiger gesagt, eine Feuerwelle, welche eine Strecke von etwa 60 Meter Länge und 15 Meter Breite in Flammen hüllte. Der Hirte ward erschlagen und ebenso wurden von den 152 Hammeln 126 getödtet oder schwer verwundet. Hierbei hatte der Blitz die merkwürdigsten und verschiedenartigsten Wirkungen ausgeübt. Er traf den Hirten am Scheitel, riß ihm das Haar am Hinterhaupte los und zog Furchen auf Stirne, Wangen und Brust. Einzelnen Hammeln war der Kopf glatt abgeschnitten, andere zeigten durchbohrte Schädelknochen, wieder anderen waren die Beine zerschmettert oder das Rückgrat gebrochen, das Fell versengt oder abgerissen u. s. w. Dieser Katastrophe mag eine Angabe d'Abbadie's aus seinem Studien über die Gewitter Aethiopiens an die Seite gestellt werden, nach welcher ein einziger Blitzschlag daselbst 2000 Ziegen und den Hirten getödtet hat.

Ein interessanter Fall, in welchem ebensosehr die Ausdünstungen, als auch das Vorhandensein von metallischen Gegenständen das Einschlagen des Blitzes verursacht haben dürften, ist folgender: Im Sommer 1864, zur Zeit des nordamerikanischen Krieges, schlug der Blitz fünfmal in ein Unionistenlager. Das 18. Missouri-Regiment hatte auf einem Hügel Aufstellung genommen, der die Ebene von Atlanta beherrscht. Während eines heftigen Gewitters fuhr eine ungeheure Feuersäule auf diesen Hügel herab, zerstreute das Lager, warf die sämmtliche Mannschaft zu Boden und tödtete fast alle Pferde. Man fand 18 Mann todt und fast alle mehr oder weniger verletzt. Bei zwei Gewehrpyramiden entluden sich die Läufe und die Geschosse tödteten drei Soldaten in einem anstoßenden Lager. In ähnlichem, wenn auch geringerem Grade litten sämmtliche Regimenter des 16. Corps. Mehrere Gepäckwagen wurden in Stücke zerrissen und Pferde und Führer getödtet. (H. J. Klein.)

Im Jahre 1879 traf der Blitz am Cap der guten Hoffnung einen Reitertrupp und tödtete zehn Menschen und fünf Pferde; überhaupt getroffen wurden siebzehn Menschen und Pferde. Die Nichtgetödteten erlitten schwere Verwundungen und blieben lange ohne Bewußtsein.

Am 7. Juli 1884 wurden bei Upton durch einen Blitzschlag 30 Schafe getödtet, welche unter einem Baume Schutz gesucht hatten. (La lumière électrique.)

Am 25. April 1887, um 5 Uhr Nachmittags, fiel der Blitz auf eine Baracke der im Bau begriffenen Theilstrecke Brünn—Gaya der mährischen Transversalbahn, in der viele Arbeiter Schutz vor dem Regen gesucht hatten; sechs Arbeiter erholten sich nach einigen Stunden, acht wurden schwer verletzt unter ärztlicher Begleitung in das von der Bau-Unternehmung errichtete Spital nach Austerlitz überführt; einer wurde durch den Blitz förmlich in Stücke zerrissen.

Die Anziehungskraft, welche durch Rauchsäulen ausgeübt wird, erklärt sich zum Theile als Spitzenwirkung (vgl. S. 38). Die Rauchsäulen vermitteln die Fortpflanzung der von einer Gewitterwolke ausgeübten Influenzwirkung durch die Kamine bis in das Innere der Gebäude. Hierzu kommen noch als sehr wesentliche Umstände, daß der das Innere der Schornsteine auskleidende Ruß ein guter Elektricitätsleiter ist, daß die Schornsteine selbst zuweilen theilweise oder ganz aus Eisenröhren zusammengesetzt sind, eiserne Dächer, Aufsätze oder Windfahnen tragen, mit Funkenfänger und Steigeisen versehen sind, im Innern der Gebäude in unmittelbare Nähe von metallischen Gegenständen führen, wie z. B. Oefen, Herde, Kessel ꝛc. Die Besprechung der Blitzwirkungen auf Gebäude wird uns Gelegenheit bieten, auf diesen Gegenstand nochmals zurückzukommen.

II.

Die physikalischen Wirkungen des Blitzschlages.

Bei Besprechung der Blitzwirkungen in derselben Reihenfolge vorgehend wie bei jener der Wirkungen elektrischer Entladungsströme, hätten wir zunächst die chemischen Wirkungen ins Auge zu fassen; doch da es sich zweckmäßiger erwies, diese bereits in das Capitel über die physikalische Natur des Blitzes (S. 497) einzureihen, können wir hier gleich mit den mechanischen Wirkungen beginnen, dann zu den Wärmewirkungen und endlich zu den magnetischen Wirkungen übergehen. Die Lichtwirkungen wurden bereits in dem Abschnitte »Die Arten des Blitzes« (S. 391) dargestellt und durch Erläuterung der Blitzphotographien (S. 460) näher erklärt; auch die elektrischen Wirkungen, soweit sie als Rückschlag bezeichnet werden können, fanden bereits (S. 349) Berücksichtigung; elektrische Wirkungen anderer Art von großem praktischen Interesse werden uns weiter unten, in dem Abschnitte »Blitzwirkungen auf metallische Leitungen«, noch beschäftigen.

Bevor wir aber daran gehen, die mechanischen Wirkungen des Blitzes aufzuzählen, wollen wir noch einer sehr merkwürdigen Erscheinung gedenken, welche schon Seneca beschrieben hat, die aber zumeist als unglaubwürdig unberücksichtigt blieb.

Da aber in neuerer Zeit Luvini neuerdings darauf hingewiesen und dabei die Vermuthung ausgesprochen hat, daß der Bericht Seneca's auf vollkommen richtiger Beobachtung beruhen könne, möge diese hier Erwähnung finden; es handelt sich nämlich um eine ganz eigenartige Wirkung des Blitzes auf Flüssigkeiten.

Seneca behauptet im Gegensatze zu Plutarch, Dio Cassius, Plinius und Lucretius (vgl. S. 102), der Blitz wirke auf den Wein in der Art, daß letzterer im zerbrochenen Gefäße stehen bleibt, daß aber dieser Zustand des Gefrorenseins nicht über drei Tage dauert. Sonderbar sei aber das, daß der vom Blitze gefrorene Wein, wenn er wieder seinen vorigen Zustand erlangt hat, den, welcher davon trinkt, entweder tödtet oder um den Verstand bringt.

Luvini weist, um diese Angaben als glaubwürdig erscheinen zu lassen, darauf hin, daß Seneca als verläßlicher Schriftsteller gilt, was ja auch seine übrigen Angaben über die Wirkungen des Blitzes erkennen lassen, daß daher auch diese Angabe nicht ohneweiters als erdichtet angenommen werden dürfe. Auch konnte damals der Wein leichter von Blitzschlägen erreicht werden als gegenwärtig, da die Römer ihren Wein nicht in Fässer füllten und in Kellern einlagerten, sondern ihn vielmehr in irdenen Gefäßen in oberhalb der Erde gelegenen Räumen ihrer Häuser aufbewahrten.

Luvini hat in einer längeren Abhandlung den Nachweis zu führen versucht, daß der Hagel nichts anderes sei, als durch die Einwirkung des Blitzes in Eis verwandelte Regentropfen; allerdings ist es ihm aber nicht gelungen, für diese Theorie eine experimentelle Begründung zu schaffen. Gestützt auf diese Abhandlung, glaubt Luvini nun auch die Möglichkeit dargethan zu haben, daß die von Seneca behauptete Wirkung des Blitzes auch thatsächlich eingetreten sein konnte und auch ferner eintreten könnte. Luvini bringt zur Stütze seiner Ansicht aber auch noch neue Daten bei, die nachstehend wiedergegeben werden mögen.

Chaptal erzählt in der dritten Auflage seines »Eléments de Chimie« (Paris 1796) wie folgt: »Am 29. October 1786 regnete es zu Montpellier und betrug die hierbei gefallene Regenmenge vier Zoll; ein heftiger Donnerschlag, den man gegen vier Uhr Nachmittags hörte, und welcher sehr nieder erfolgte, bestimmte einen entsetzlichen Hagelschlag. Ein Droguist, der in seinem Keller damit beschäftigt war, die durch das Durchsickern des Wassers durch die Kellermauern verursachten Schäden gut zu machen oder solche überhaupt zu vermeiden, erstaunte sehr, als er sah, daß plötzlich das durch die Mauer gesickerte Wasser als Eis herabfiel; er rief mehrere Nachbarn, um mit ihnen seine Ueberraschung zu theilen. Ich habe den Ort eine Viertelstunde nachher besucht und fand zehn Pfund Eis angehäuft am Fuße der Mauer. Ich habe mich versichert, daß dieses nicht hat durch die Mauer kommen können, denn diese ließ nicht den geringsten Riß erkennen und war überhaupt im besten Zustande. Hat dieselbe Ursache, welche die Bildung des Hagels in der Atmosphäre bewirkte, in gleicher Weise auch im Keller gewirkt? Ich verzeichne die Thatsache und versage mir jede Conjectur.«

Diese Thatsache, sagt Carena, welcher sie im »Calendario georgico« für 1827 erzählt, scheint zu beweisen, daß eine rasche und heftige elektrische Entladung ein plötzliches Gefrieren des Wassers, selbst auch in größerer Menge bewirken kann.

Ein anderer Bericht über dasselbe Ereigniß findet sich im »Rapport sur l'essai du paragrêlage de Saint-Martin et Lacoste«; er wurde mitgetheilt vom Doctor Gouvert, welcher ihn von Chaptal erzählen hörte; er lautet: »Chaptal führt eine Thatsache an, welche er persönlich sichergestellt hat.... Während eines Gewitterregens im Monate August (hier ist das Datum verwechselt) war ein Specereihändler in Montpellier in seinem Keller, um das Wasser abzuhalten, welches durch die Mauerrisse quoll; er sah plötzlich unter dem Einflusse eines heftigen Donnerschlages, welcher das Haus erschütterte, dieses Wasser sich in Eis verwandeln.« Saint-Martin und Lacoste lassen in ihrem Berichte diese Erzählung einer anderen, nicht minder wichtigen und gleicher Art folgen. »Man hat uns gleichfalls erzählt, sagen sie, daß Reisende während eines Gußregens den Blitz in geringer Entfernung von ihnen einschlagen gesehen haben und dann an der Einschlagstelle eine Höhlung fanden, die mit Wasser gefüllt war, dessen Oberfläche sich als gefroren erwies.«

Wir begnügen uns mit der Anführung dieser vereinzelten Beobachtungen einer Blitzwirkung, welche, wenn sie überhaupt auf einer thatsächlich eingetretenen Erscheinung beruht, gewiß zu den interessantesten gehört, die vorläufig aber noch sehr bestätigender Beobachtungen oder einer experimentellen Grundlage bedarf; gehen wir nunmehr zu den außer Zweifel stehenden Wirkungen des Blitzschlages über.

1. Mechanische Wirkungen des Blitzes.

Die mechanischen Wirkungen des Blitzschlages bestehen der Hauptsache nach im Verbiegen, Zerreißen, Durchbohren, Zerschmettern der getroffenen Objecte, im Wegschleudern derselben oder einzelner ihrer Theile und zuweilen im Bewegen großer Wassermassen. Weit entfernt, hier eine Chronik aller solcher Ereignisse geben zu wollen, sollen nachstehend nur einige charakteristische Beispiele angeführt werden.

Zu Funzie auf Fetlar (shetländische Insel) wurde um Mitte des vorigen Jahrhunderts ein Felsblock von Glimmerschiefer, 100 Fuß lang und 10 Fuß breit, und an einigen Stellen 4 Fuß dick, durch den Blitz in einem Augenblicke losgerissen und in drei große Stücke (die kleineren weggerechnet) zersprengt. Das eine dieser großen Stücke, 24 Fuß lang, 10 Fuß breit und 4 Fuß dick, war umgestürzt; das zweite, 26 Fuß lang, 7 Fuß breit und

$4^1/_2$ Fuß in der Dicke, wurde über einen Hügel geschleudert und fiel in einer Entfernung von 150 Fuß nieder. Ein drittes Bruchstück, ungefähr 37 Fuß lang, wurde in derselben Richtung mit noch größerer Kraft fortgeschleudert und fiel ins Meer. (Arago.)

Mechanische Wirkungen des Blitzes auf Felsen sind, wie dies ja auch in der Natur der Sache begründet ist, nicht allzuhäufig zu finden. Auch Reimann sind, wie in dem bereits mehrfach erwähnten Berichte mitgetheilt wird, wenige derartige Fälle bekannt geworden. Vor einigen Jahren spaltete der Blitz auf dem Hochsteine, nachdem er an einem Pfahle des Aussichtsgerüstes herabgefahren war, einen Steinblock von der Größe eines Kubikmeters vertical mitten durch.

Volkmar erzählt in seinen »Reisen nach dem Riesengebirge«: »In den Jahren 1755 hatten wir ein paar Monate hindurch täglich die heftigsten Donnerwetter und auch von erstaunlichen Wirkungen. Ein Blitz durchfuhr bei den Dreisteinen einen ungeheuren Felsthurm in einer Oeffnung gleich einer Kanonenkugel unten an dem Boden und warf die ungeheure Last der Felsen um, als wenn sie nebeneinander hingelegt wären. Ein anderer Blitz durchfuhr einen Fels in der großen Schneegrube von oben bis unten auf den Grund und schlug seine ganze Vorderwand in Stücke, so daß man die Straße an dem Felsen viele Meilen weit in unserem Thale sehen konnte. In der Mitte dieses zerschmetterten Felsens offenbarte sich der reichste Bleiglanz nebst einem Silbererze.« An einer anderen Stelle beschreibt er die Wirkung an den Dreisteinen nach eigener Besichtigung folgendermaßen: »In der dritten Reihe der Felsen finde ich in der Ecke gegen Abend den vor drei Jahren von einem Blitze eingestürzten Felsthurm. Man sieht es deutlich, daß der Blitz ganz unten an der Erde hinein und an der anderen Seite herausgefahren ist. Ohngezweifelt hat er den ganzen Felsen heben müssen, weil der ganze Fels, an Höhe einem ziemlichen Thurme gleich, eingestürzet und in lauter gleiche Tafeln gespaltet ist, die alle auf ebener Erde aufgerichtet nebeneinander liegen und noch jetzt an Farbe so frisch aussehen, als kämen sie erst aus der Hand des Steinbrechers. Sein Fall hat einen solchen prasselnden Knall verursacht, der bis in viel Meilen weit entlegene Thäler ist gehöret worden. Ich habe keine größere Gewalt des Blitzes gesehen, denn eine einzige von diesen Tafeln, deren doch mehr als zwanzig sind, würde kaum mit zwölf Pferden von der Stelle zu bewegen sein.«

Reimann hat die Stelle an den Dreisteinen besucht und die Tafeln gegenwärtig noch von ziemlich frischem Ansehen befunden, obgleich im Uebrigen die Felsen, wie der ganze Granit des Riesengebirges, stark zur Verwitterung neigen. Nach den vorhandenen grotesken Gebilden an den Dreisteinen zu

urtheilen, war die Unterlage der Platten wahrscheinlich bereits so verwittert, daß die Kraft des Blitzes keine so außerordentliche gewesen zu sein braucht, um sie von ihrer geringen Basis herabzustürzen. Die Oeffnung hat Reimann nicht aufgefunden, da sie verschüttet sein dürfte. — Wie eine Gedenktafel besagt, ist auch in Adersbach am Ende des vorigen Jahrhunderts ein großer Quader durch den Blitz abgespalten und von der Höhe der Felsen herabgeworfen worden.

Unter sonst günstigen Umständen kann sich ein Blitzschlag auch auf große Tiefen in die Erde hin fortpflanzen, so daß also die Meinung, Kellerräume gewähren Schutz gegen Blitzschläge, als eine irrige betrachtet werden muß. Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht sind die wiederholt beobachteten Blitzschläge in Keller, Katakomben und Bergwerke. Hiervon nachstehend nur einige Beispiele.

Am 30. Juli 1770 traf, wie Hemmer erzählt, der Blitz das Schloß des Grafen Wieser bei Mannheim. Ein Strahl fuhr einem eisernen Fenstergitter entlang und von da drei Fuß nach abwärts auf ein gleichfalls eisernes Gitter einer Kelleröffnung, drang in diesen Keller ein, lief längs der nassen Mauer desselben hin und verschwand endlich in einem in die Erde geschlagenen Loche.

Ueber die Wirkung einiger Blitzschläge in Freiberger Gruben hat seinerzeit F. Reich einen Bericht erstattet, dem nachstehender Fall entnommen ist: Am Spätabend des 28. März 1845 entlud sich in der Umgebung von Freiberg ein Gewitter, wobei zwischen 10 und 11 Uhr ein Blitzschlag das Treibehaus des Röschenschachtes der Grube Beschеert Glück, und zwar ohne Zweifel den dortigen Blitzableiter traf. Der bei der Ausförderung der Tonne beschäftigte Arbeiter sah das Innere des Hauses hell erleuchtet, hörte den heftigen Donnerschlag, bemerkte aber auch zugleich, daß das Feuer des Blitzes an dem Signaldrahte, einem dicken eisernen Drahte, der zur Angabe der bei der Förderung nöthigen Zeichen dient, in den Schacht hineinfuhr, worauf er die Fördermaschine durch den Brems anhielt, bis er sich überzeugte, daß weiter nichts vorgefallen sei. Auf der sechsten Gezeugstrecke in demselben Schachte 1182 Dresdner Fuß in geneigter Richtung unter der Oberfläche befand sich der die Füllung der Treibetonne besorgende Arbeiter. Derselbe sah an dem schon genannten Signaldrahte, den er hier von seiner tieferen Fortsetzung abgehangen und mit einem hölzernen Knöbel versehen hatte, eine helle Erleuchtung, die am Ende davon absprang, wobei sie eine heftige, einem Schusse ähnliche Explosion hervorbrachte, ohne jedoch sonst eine Wirkung zu hinterlassen und ohne daß der Arbeiter eine Empfindung oder einen besonderen Geruch wahrgenommen hat. — In demselben Schachte der Grube Beschеert Glück fiel auch am

16. Juni 1787 ein Blitzschlag und auch ein dritter ist für dasselbe Bergwerk aus dem Jahre 1799 nachgewiesen.

In der Nacht vom 12. zum 13. Juli 1864 entlud sich eines der heftigsten Gewitter über das Departement Creuse und der Blitz fiel auf das Holzgerüste, welches die Rollen des Schachtes Saint-Augustin, gelegen im südlichen Theile des Kohlenbeckens von Ahun, trägt. Nachdem der Blitz die Pfeiler ganz geschwärzt hatte, folgte er einem der Drahtseile, welche zum Heben und Senken der Kohlenkörbe dienen und sich in der Tiefe des Schachtes verlaufen, welche mindestens 90 Meter erreicht. Von den Arbeitern, welche die Nachtposten innehatten, wurde keiner beschädigt, nur einer derselben fiel zu Boden, jedoch gleichfalls ohne die geringste Verletzung davonzutragen.

In ähnlicher Weise wie auf natürliche Felsen wirken Blitzschläge auch auf bearbeitete Steine, wie z. B. auf Denksäulen; ein Beispiel einer solchen Wirkung wurde bereits weiter oben (S. 561) angeführt. Am 8. Juli 1886 entlud sich über Iglau ein furchtbares Gewitter; hierbei zerschmetterte der Blitz auf dem Friedhofe ein Steinkreuz.

Ueber die Vernichtung der Denksäule von Mazaghan (Mazagran) berichtete »La lumière électrique« wie folgt. Die Säule war zum Gedächtnisse an den Capitän Lelièvre errichtet, welcher daselbst im Jahre 1840 mit 123 Franzosen den Aprall von 12.000 Arabern unter einem der Untercommandanten Abd-el-Kader's vier Tage lang Widerstand geleistet haben soll. Diese Denksäule existirt nicht mehr; ein Blitzstrahl traf sie in der Nacht vom 8. zum 9. November 1885, als ein heftiges Gewitter über Mostaganem und Umgebung niederging. Der Blitz zertrümmerte die Statue der Siegesgöttin auf derselben, folgte dann einer enormen Eisenstange, welche die Säule von oben nach unten durchsetzte und verursachte am unteren Ende der Stange in der Basis des Denkmales eine Explosion, durch welche die kolossalen Steinblöcke des Monumentes wie Spreu auseinander geschleudert wurden. Von dem Säulenschafte blieb keine Spur; seine Fragmente wurden nach allen Richtungen hin zerstreut. Ein Theil derselben bedeckte Dach und Hof der Stadtschule; die Fensterläden der Classenzimmer waren zerstört, die Fenster zerbrochen, die Bäume zerschlagen — Verwüstungen, die alle durch diese ungewöhnlichen Geschosse angerichtet wurden.

Das enorme Piedestal, welches die Inschrift trug, wurde bis auf die Basis des Fundamentmauerwerkes in zwei Theile gespalten, und diese wurden mehr als 15 Meter von einander getrennt; das Capitäl, aus einem einzigen Steine von 1·5 Kubikmeter Größe gebildet, wurde vom Piedestal aufgehalten. Von der Statue blieb nur der Kopf, dem übrigens auch die Nase abgerissen ist, übrig, und ein zweites Stück bildete die Büste; das Uebrige war nicht mehr

zu erkennen. Das gußeiserne Schutzgitter, welches das Denkmal umgab, wurde in tausend Stücke zerschlagen. Eine Mine, geladen mit mehreren 100 Kilo Pulver, wäre nicht imstande gewesen, solche Verwüstungen anzurichten.

Eine sehr häufig eintretende Wirkung des Blitzschlages ist das Durchschlagen oder Durchbohren der getroffenen Objecte, und zwar sowohl jener aus nichtleitenden als auch aus leitenden Materialien. Mehrere Beispiele für Wirkungen dieser Art lernten wir bereits (S. 395, 408, 409, 411, 431 und 441) kennen, einige andere mögen nachstehend angeführt werden.

Arago erzählt einen Fall, der bezüglich der Blitzwirkung mit dem von Decharme (S. 441, 1.) berichteten übereinstimmt. Im Herbste des Jahres 1778 schlug der Blitz in das Haus des Ingenieurs Caselli in Alexandrien. Er richtete nur an den Scheiben eines Fensters bemerkbaren Schaden an. Diese Scheiben wurden nämlich von ein, zwei oder drei Löchern durchbohrt. Kleine, sehr kurze Risse gingen sternförmig von jedem Loche aus, aber keine der Glasscheiben war von einem Rande bis zum andern zersprungen.

Am 3. Juli 1821 schlug in Genf der Blitz in ein neben der Kirche des hl. Gervasius gelegenes Haus. Bei umständlicher Untersuchung seiner Wirkungen bemerkte man mehrere Löcher in den Weißblechtafeln, welche die schräge Dachkante bekleideten, mit deutlichen Zeichen von Schmelzung. Am auffallendsten unter diesen Wirkungen war die, welche sich an einer neuen umgebogenen Weißblechtafel zeigte, die das untere Ende eines Schornsteines beim Hervortreten über das Dach umgab und sich dann auf die Fläche des Daches selbst umbog. Diese Blechtafel hatte zwei fast kreisrunde Löcher von ungefähr 2 Centimeter Durchmesser, die von ihren Mittelpunkten aus gerechnet 10 Centimeter von einander abstanden und in ihrem ganzen Umfange starke Umbiegungen, in beiden Löchern jedoch nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, darboten.

Am 25. Juni 1827, erzählt Fusinieri, schlug der Blitz gegen acht Uhr Abends in das Haus Nr. 1349 in Vicenza. Eine Dachrinne von Weißblech wurde zuerst getroffen und auf eine Länge von 8 bis 10 Centimeter zerrissen. Ein verticales Fallrohr von demselben Metalle, das sich an die Dachrinne anschloß, war mit drei Löchern durchbohrt. Das erste Loch, von zwei Centimeter Durchmesser, zeigte keine Aufbiegung, weder nach außen noch nach innen. Zwölf Centimeter tiefer war ein zweites, fast kreisrundes Loch von einem Centimeter Durchmesser mit nach innen gebogenem Rande. Noch weiter unten, in einer Entfernung von sechs Centimeter, bemerkte man ein drittes, dem vorigen gleiches Loch, jedoch mit nach außen gebogenem Rande.

Ein in mehrfacher Richtung interessantes Beispiel der mechanischen Blitzwirkungen auf unzulängliche, beziehungsweise unvollständige Metallleitungen erzählt Müller, wie nachstehend folgt.

Fig. 181.

Blitzschlag vom 26. Juli 1870.

Am Abend des 26. Juli 1870 entlud sich ein heftiges Gewitter über Freiburg, im Verlauf dessen der Blitz ein großes, dreistöckiges, isolirt stehendes Haus traf, welches mit einem Blitzableiter versehen ist. An jedem Ende der Dachfirst steht eine Auffangstange, von denen in Figur 181 nur die eine, a, dargestellt ist; b ist ein Stück der horizontalen Leitung, welche die beiden Auffangstangen verbindet. Von der Mitte der Leitungsstange b geht dann die Ableitung in gehöriger Weise bis zu hinlänglicher Tiefe in den Boden

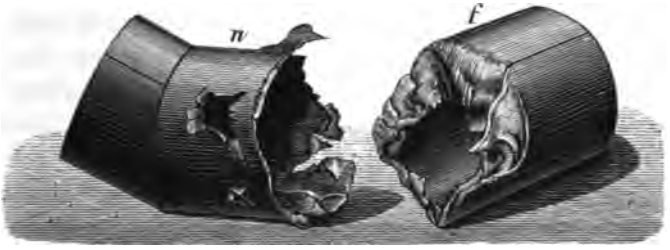
herab. Die Dachfirst, sowie die vier Seitenkanten des Daches, von denen unsere Figur uns nur eine, c, zeigt, sind mit Streifen von Zinkblech gedeckt, welche mit den Auffangstangen in leitender Verbindung stehen. Dies ist aber nicht der Fall bei der rings um das Haus laufenden Dachrinne, von welcher in unserer Figur das Stück d k dargestellt ist. Um diese Dachrinne ist die zum Boden führende Leitung in einem Abstande von ungefähr 30 Centimeter herumgeführt. Von der Dachrinne gehen in allem acht verticale Röhren von Zinkblech herab, von denen in unserer Figur nur die eine, f, nahe am östlichen Ecke des Hauses angebrachte, zu sehen ist. Dieses Röhrensystem bildet eine Metallmasse von ziemlich bedeutender Oberfläche, welche, wie gesagt, mit dem Blitzableiter nicht leitend verbunden war, wie es doch hätte sein sollen.

Durch die vertheilende Wirkung der Gewitterwolken mußte eine namhafte Anhäufung der von ihnen angezogenen Elektricität in den oberen Partien der Röhrenleitung stattfinden, welche eine Entladung bei d herbeiführte. Der Blitz folgte nun der verticalen Röhre f, welche bis zu dem untersten Stück, welches nicht angelöthet, sondern nur angesteckt war, unversehrt blieb. Das untere Ende von f, welches in das Knieſtück n einfach eingesteckt war, wurde aber gewaltsam nach innen umgebogen, wie man in f, Fig. 182, sieht, während das obere Ende des Knieſtückes n zerrissen und durchlöchert wurde, wie n in Figur 182 zeigt. Von der Mündung des Knieſtückes n, Figur 181, schlug der Blitz über dem Rinnstein r, den er zerriß, zu der ganz nahe beim Hause vorüberlaufenden, ungefähr 5 Centimeter dicken Gasleitungsröhre g über, welche an zwei, etwa 30 Centimeter von einander entfernten Stellen zerbrochen wurde, wie Figur 183 erläutert.

Dieser Fall ist auch sonst noch in vielfacher Beziehung bemerkenswert; zunächst zeigt er die von zusammenhängenden Metallmassen ausgeübte, schon weiter oben (S. 564 u. f.) ausführlich besprochene Anziehungskraft auf den Blitz und zwar in zweifacher Weise: zuerst wurde durch das zusammenhängende System der Regenröhren eine Entladung herbeigeführt, und dann übte das Gasleitungsrohr g vermöge seines Zusammenhanges mit dem ganzen Leitungsnetze, also mit einer großen Metallmasse dieselbe Wirkung aus. Ferner lehrt dieser Fall, was vorgreifend einem späteren Abschnitte hier schon betont werden soll, daß es zum Schutze eines Objectes gegen Blitzschlag unerläßlich ist, so bedeutende Metallmassen, wie z. B. die genannten Regenröhren, mit der Erde, oder was dasselbe bezweckt, mit der Blitzableitung zu verbinden; dieses Beispiel lehrt aber auch, daß selbst in der Erde befindliche Leitermassen (Gas- und Wasserleitungsröhren) mit den metallischen Ableitungen (Blitzableiter, Regenrinnen) des Objectes verbunden werden müssen.

Eine andere mechanische Wirkung des Blitzes besteht darin, daß die getroffenen Objecte oder Theile derselben fortbewegt, beziehungsweise auf große Entfernungen weggeschleudert werden. Auch solche Wirkungen hatten wir bereits theilweise Gelegenheit kennen zu lernen. Hierher gehören das Hinaufschleudern eines Strohhutes auf einen Baum (S. 402), des Lehmbodens auf die Decke (S. 402), der Erde und des Kothes auf die Aeste eines Baumes (S. 402), ferner das Wegschleudern einzelner Trümmer eines zerschmetterten Baumes (S. 564) und der einer Säule. (S. 579.)

Fig. 182.



Blitzwirkung auf eine Dachrinne.

Am 6. August 1809 übte der Blitz zu Swinton, ungefähr eine deutsche Meile von Manchester, auf einen Theil des Chadwick'schen Hauses eine höchst merkwürdige mechanische Wirkung aus, die Arago in nachstehender Weise beschreibt. Ein kleines Gebäude aus Ziegelsteinen, das zur Aufbewahrung von Steinkohlen diente und in seinem oberen Theile in einen Wasserbehälter endigte, war an das Haus angelehnt. Die Mauern waren drei Fuß dick und 11 Fuß hoch. Am 6. August, Nachmittags 2 Uhr, hörte man nach wiederholten Schlägen eines entfernten Gewitters, das näher zu kommen schien, plötzlich ein entsetzliches Krachen; unmittelbar darauf folgte ein heftiger Regenguß. Das Haus war einige Minuten lang in schwefligen Dampf gehüllt. Die äußere Mauer des kleinen Gebäudes, sammt Vorrathsraum und Wasserbehälter, wurde aus ihrem Grunde gerissen und als Ganzes in die Höhe gehoben; die Explosion schob sie, ohne sie einzustürzen, eine Strecke weit von dem ursprünglichen Platze fort. Das eine Ende war $8^1/_2$ Fuß und das andere $3^3/_4$ Fuß fortgerückt. Die so gehobene und fortgeschobene Mauer bestand aus 7000 Ziegelsteinen und mochte ungefähr 500 Centner wiegen. Zur Zeit dieses Vorganges enthielt der Vorrathsraum eine Tonne Kohlen und der Wasserbehälter eine gewisse Menge Wasser.

Fig. 183.

Blitzwirkung auf ein Gasleitungsrohr.

Während eines heftigen Gewitterſturmes, welcher gegen Ende Juli 1886 über Norwegen zog, zeigte ein ungewöhnlich heftiger Blitzſchlag ſehr deutlich, was man fortbewegende Kraft des Blitzes nennt. Eine Tanne von ungefähr 22 Meter Höhe, welche bei Loiten inmitten eines Feldes ſtand, wurde 4 Meter oberhalb der Erde vom Blitze getroffen. Der obere Theil, welcher eine Länge von 16 Meter beſaß, zeigte ſich in derſelben Weiſe abgetrennt, wie mit einer Säge und auf mehrere Meter Entfernung weggeſchleudert. Der in der Erde zurückgebliebene Strunk war bis auf die Wurzel zerriſſen, verbrannt und gebrochen. Die Erde um den Baum herum war nach allen Richtungen hin aufgewühlt und darunter waren Furchen von beinahe einem Meter Breite und Tiefe, die ſich bis auf 3 bis 4 Meter hin erſtreckten.

Eine Tanne von geringerer Höhe, welche ſich in der Nachbarſchaft befand, wurde gleichfalls von dem Blitze erreicht, aber in weniger bizarrer Form beſchädigt. Der Blitz hatte nur eine Furche von 20 bis 30 Centimeter Breite eingeriſſen, welche zwei Fuß oberhalb der Erde begann und bis zur Wurzel reichte. (La lumière électrique.)

Eine der merkwürdigſten mechaniſchen Wirkungen, welche durch den Blitz hervorgerufen wird, iſt unbedingt das Auftreten bedeutender Waſſermaſſen, beziehungsweiſe das Heben von Waſſer. Zu den diesbezüglichen, bereits weiter oben (vergl. S. 362, 363 und 523) mitgetheilten Fällen fügen wir hier noch einige aus neueſter Zeit und ſolche von ganz beſonderem Intereſſe bei.

In Brünn richtete ein mit heftigem Hagelwetter verbundenes Unwetter am 18. Mai 1887 in den Garten- und Feldculturen, namentlich an den Obſtbäumen großen Schaden an. Noch lange, nachdem das Unwetter aufgehört hatte, lagen haſelnußgroße Eisſtücke an vielen Stellen der Anlagen und Gärten. Zwei tiefer gelegene Gaſſen wurden überſchwemmt, ſo daß die Feuerwehr das Waſſer auspumpen mußte. Und von demſelben Tage wurde aus Prag berichtet: Heute Nachts ging über Warnsdorf ein furchtbares Gewitter mit wolkenbruchartigem Regen nieder. Das Waſſer drang in zahlreiche Wohnungen und Fabriksräume ein. Zwei Häuſer wurden theilweiſe zerſtört, Gärten und Felder verheert, Waaren fortgeſchwemmt und mehrere Brückenſtege weggeriſſen. Um Mitternacht hat eindringendes Waſſer im Magazine eines Kaufmannes Kalk in Brand geſetzt und das Gebäude brannte vollſtändig nieder. In mehreren Fabriken wurde infolge dieſes Unwetters nicht gearbeitet.

In Poggendorff's Annalen wird folgender Fall erzählt. Am 18. Juni 1847 wurde Bernſtadt und Umgebung von einem heftigen Gewitter heimgeſucht; der Blitz ſchlug hierbei ein in den Kirchthurm von

Sadewitz, in eine Weide bei Wabnitz, in einen Stall der Namslauer Vorstadt, wobei zwei Pferde getödtet wurden, und endlich in einen Brunnen; das Wasser desselben wallte augenblicklich auf, zischte und stieg herauf, den ganzen Hof überschwemmend. Es hatte einen empfindlichen Wärmegrad und roch nach Schwefel. Nächsten Tages zeigte sich das sonst klare und wohlschmeckende Wasser schlammig, trüb und schmeckte salpetrig. Am Boden bemerkte man ein ungefähr $1\frac{1}{2}$ Ellen tiefes und ebenso weites Loch, aus welchem das in demselben vorher vorhanden gewesene Erdreich spurlos verschwunden war.

So interessant die eben mitgetheilte Beobachtung auch immerhin ist, so wird sie doch durch Erscheinungen weit übertroffen, die in jüngster Zeit beobachtet wurden und wovon eine sogar protokollarisch vollkommen sichergestellt erscheint; beide Fälle betreffen das Aufwärtsschleudern eines Wasserstrahles durch den Blitz. Ueber den ersten dieser Fälle hat Leonhard Weber einen ausführlichen Bericht erstattet, der seines hohen Interesses wegen nachstehend vollinhaltlich wiedergegeben ist; er lautet:

Der königlich preußische Bauführer A. Nizze, ein mir verwandter, glaubwürdiger und naturwissenschaftlich gut geschulter junger Mann, berichtet aus seiner Vaterstadt Ribnitz in Mecklenburg vom 31. Juli 1884:

»Gestern Morgens $5^3/_4$ Uhr wurde während eines heftigen Gewitters mit Hagelschlag (Körner bis zur Walnußgröße) im ersten Stock eines Hauses gegenüber der Stadtkirche plötzlich die unterste Scheibe eines Fensters eingeschlagen und hinein stürzte sich ein Wasserstrahl, von unten kommend, gegen die Decke und riß dort ein großes Stück Putz ab, das mit dem Wasser einen darunter stehenden Cigarrentisch entzweischlug. Die Stube war überschwemmt und es sollen circa 3 Eimer Wasser aufgewaschen sein. Dafür, daß gleichzeitig ein Blitz eingeschlagen habe, spricht a) das Loch im Fenster, das den Eindruck macht, als sei in der Mitte eine Flintenkugel hindurchgegangen, da sich von dort Risse radial nach allen Seiten erstrecken. Die untere Hälfte der Scheibe ist dann vom Wasser eingedrückt. Es ist nicht glaublich, daß ein Wasserstrahl allein derartige Risse hervorbringen kann. b) Daß einige Cigarren, die in einem Becher auf dem erwähnten Cigarrentische gestanden haben, angebrannt sind, und zwar auf der Seite, die man in den Mund nimmt. c) Die Behauptung der Einwohner des Hauses, in dem Augenblick vor dem Eindringen des Wasserstrahles Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen zu haben.«

Die unter c) angeführten Aussagen der Einwohner sind amtlich in Gegenwart des Herrn Bürgermeisters R. Nizze zu Protokoll genommen und lauten:

1. Der Hausbesitzer, Schornsteinfegermeister a. D. Freiburg.

»Gestern Morgens gegen 5½ Uhr saß ich in meiner Wohnstube Parterre, als ein heftiger Blitzschlag erfolgte, so daß meine Wirtschafterin und ich erschreckt emporsprangen. Alsbald hörte ich auch meinen Miethseinwohner, den Lehrer Paul Schröder, von oben herabrufen, daß es eingeschlagen habe, und als ich die Treppe hinauf eilte, war es, als wenn sich ein Wolkenbruch aus der Decke des einen Zimmers ergösse, so daß der ganze Fußboden hoch voll Wasser stand und ich annehmen mußte, daß das Dach eingeschlagen sei und der strömende Regen hineindringe. Ich ging sofort auf den Boden, fand aber zu meinem Erstaunen nicht die geringste Beschädigung, so daß ich nicht gesehen habe und angeben kann, wie diese Wassermengen in die Stube hineingekommen sind. Ich sah nur, daß die eine Fensterscheibe zertrümmert war und der Putz in einem nassen Zustande von der Decke herabfiel. Der Blitz ist unstreitig durch die Fensterscheibe in die Stube gedrungen und hat in der Nähe des Fensters Wand- und Deckenputz weggerissen. Als Zeichen seines Daseins dient auch eine Anzahl Cigarren, welche auf einem kleinen Tische in der Nähe des Fensters gestanden haben und zum Theile zerrissen und angebrannt in der Stube umherlagen.«

Fig. 184.

Blitzschlag zu Nibnitz am 31. Juli 1884.

2. Der Lehrer P. Schröder, 27 Jahre alt:

»Des heftigen Gewitters halber waren meine Frau und ich gestern Morgens schon früh aufgestanden und befanden uns in unserer Wohnstube, die westwärts nach vorne gelegen ist, als ein sehr heftiger Blitzschlag uns erschreckte und wir Fenstergeklirr hörten. Ich lief sofort durch die offene Thür in das ostwärts daranstoßende Entrée und die weiter anstoßende Vorderstube und sah zu meinem Erstaunen, daß ein starker Wasserstrahl durch das Fenster von unten auf gegen die Decke strömte. Bald stürzte ein großes Stück der Decke nieder, zertrümmerte einen kleinen in der Nähe stehenden Cigarrentisch und es stand bald die Stube voll Wasser. Ich rief nach meinem Wirt, der auch sofort erschien, und sah bald, daß die Gardinen vor dem einen Fenster nieder-

gerissen und die eine Fensterscheibe zertrümmert war. Auf dem kleinen Rauchtische, in der Nähe des Fensters, hatte ein Becher mit 12 Cigarren gestanden. Dieselben lagen in der Stube umher, zum Theile zerrissen und angekohlt.«

Auf meine weitere Nachfrage, erzählt Weber, wurde von Herrn Nizze berichtet, daß in der beschädigten Decke nicht, wie es häufig der Fall ist, zur Befestigung des Putzes Eisendraht angewandt; ferner daß von größeren Metallgegenständen, wie Gasleitungen ꝛc. nur ein etwa einen Meter von dem zerschlagenen Fenster entferntes Wasserablaufrohr vorhanden sei. An der Kirche sei kein Blitzableiter. Beschädigungen, welche auf Blitz zurückzuführen wären, seien weder an der Kirche, noch an dem Schornstein des betreffenden Hauses aufzufinden. Dagegen fand sich in dem betreffenden Zimmer an einigen Stellen die Tapete zerrissen und der neben dem Fenster liegende Holzständer der Fachwand war bis zur Decke vom Putz entblößt, aber ganz trocken geblieben. An der beschädigten Stelle der Decke fanden sich zwei kleine Bretter angenagelt, welche von einer früheren Reparatur des Bodens herstammten. Dieselben waren nur bloßgelegt, aber nicht beschädigt.

Aus diesen Berichten geht zunächst mit Sicherheit hervor, daß die beobachtete Erscheinung mit einem Blitze verbunden gewesen ist. Denn wenn es auch eine gewisse Schwierigkeit hat, aus den wenigen von dem Blitzschlage zurückgelassenen Spuren mit Sicherheit dessen Weg zu construiren, so sind dieselben doch charakteristisch genug, um überhaupt das Vorhandensein eines Blitzschlages zu constatiren, und dieselben würden zu keinen mit den gewöhnlichen Begleiterscheinungen der Blitze im Widerspruch stehenden Vorstellungen führen. Man könnte z. B. sehr wohl die Hypothese machen, daß der Entladungsweg durch den Schornstein, den Ofen, die Wände, das Fenster nach der Wasserrinne, oder der vom Platzregen überschwemmten Straße gegangen sei; oder es ließe sich mit sonstigen Beobachtungen in Einklang bringen, daß die eigentliche Entladung unmittelbar am Hause vorbeigegangen und die kleinen Zerstörungen an den Cigarren und an den Wänden durch Nebenentladungen bewirkt seien. Genug, wir würden, wenn es sich um die Erklärung der eigentlichen charakteristischen Blitzspuren handelte, den Fall immerhin als einen merkwürdigen, keineswegs aber als einen unerklärlichen auffassen.

Handelt es sich nun aber weiter darum, die merkwürdige Wassererscheinung zu erklären, so befinden wir uns einem vollständigen Räthsel gegenüber und folgende Versuche zu dessen Lösung haben nur den Wert von Muthmaßungen. 1. Von Seiten der Berichterstatter ist die Meinung ausgesprochen, daß der auf die überschwemmte Straße schlagende Blitz durch plötzliche Dampfbildung das Wasser nach oben geschleudert habe. Diese

Annahme würde aber, wie Weber glaubt, doch nicht ausreichen, weder die Menge des ins Zimmer gedrungenen Wässers, noch auch die verhältnißmäßig lange Zeitdauer des Wasserstrahles zu erklären. 2. Eine andere, auf bekannte Wirkungen des Blitzes zurückzuführende Erklärung könnte etwa darin gesucht werden, daß durch directe elektrische Abstoßung das Wasser von der Straße auf der Bahn des Blitzes fortgetrieben sei. Diese schon der Quantität des Wassers wegen sehr gewagte Annahme würde aber auch unhaltbar sein, wenn man auf Grund der Berichte festhält, daß der Wasserstrahl sich erst nach stattgehabtem Blitze entwickelt hat. Es scheint demnach nur übrig zu bleiben, nach solchen Wirkungen des Blitzes zu suchen, die, wenn auch bisher nicht durch andere Vorgänge erwiesen, doch das vorliegende Phänomen ausreichend erklären. Deswegen möge erlaubt sein, 3. die Hypothese hinzuwerfen, daß der durch das Fenster auf die Straße schlagende Blitz rings um seine Bahn eine stationäre wirbelnde Luftbewegung verursacht habe, derart, daß dieselbe in ihrem Innern einen luftleeren Canal gebildet, in welchem nun das Wasser von der Straße mit großer Schnelligkeit, gleichsam wie in ein evacuirtes Rohr, hineingestürzt ist. Endlich scheint 4. die Möglichkeit übrig zu bleiben, die Entstehung des Wasserstrahles überhaupt nicht als directe Folge des Blitzes, sondern als eine besondere Form einer Trombe aufzufassen. Geht man nämlich von der gut constatirten Erscheinung aus, daß sich die Tromben häufig in schlauchartig oder konisch spitz nach unten zulaufenden Wirbeln darstellen, in deren Innern beträchtliche Wassermassen vorhanden sein können, und gibt man zu, daß ein sehr schnelles Herabsinken eines solchen Schlauches möglich ist, so ließe sich die Hypothese aufstellen, daß auch eine Reflexion dieses sehr schnell auf die Erdoberfläche fallenden spitzen Wasserkegels stattgefunden habe und so den von unten in das Fenster dringenden Wasserstrahl bewirkt habe. Der Blitz würde in diesem Falle, wie auch sonst beobachtet, als Begleiter oder Vorläufer der Trombe aufzufassen sein. L. Weber bemerkt schließlich, daß er diesen Hypothesen wenig Wert beilegt und bessere Erklärungen mit Vergnügen begrüßen würde.

Die Erklärungsversuche 1, 2 und 4 dürften wohl kaum zu halten sein, und zwar 1 und 2 sowohl aus den von Weber bereits angeführten, als auch aus anderen Gründen; auch 4 besitzt nicht viel Wahrscheinlichkeit: Mit welcher Kraft müßte eine Wassermasse auf den Erdboden auftreffen, um im spitzen Winkel wieder zurückgeworfen zu werden? Welche Umstände müßten eintreten, damit die fallende Wassermasse nicht nach verschiedenen Seiten hin von der Erde zurückprallt, sondern als geschlossener, verhältnißmäßig dünner Strahl steil aufsteigt? Auch hätte ja eine so kräftig herabsausende Wassersäule eine derartige Wirkung auf die Erde ausüben müssen, deren Spuren den

sorgfältig prüfenden und untersuchenden Berichterstattern gewiß nicht entgangen wäre.

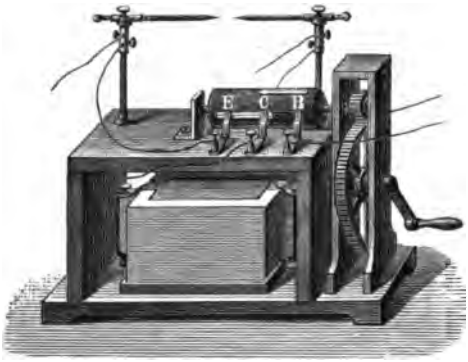
Weber's dritte Annahme scheint uns aber sehr der Beachtung wert und der Leser wird auch sofort errathen warum. Haben wir doch schon so häufig Gelegenheit gehabt, darauf hinzuweisen, daß der Blitz entweder selbst eine wirbelartige Bewegung, als eine ihm eigenthümliche zu besitzen oder daß er eine solche der von ihm in Mitleidenschaft gezogenen Materie zu ertheilen scheine. Wir erinnern nur an die Versuche Mousette's (S. 393 und 481), an die Beobachtungen von Canestrini, Fonvielle und Reimann (Seite 393 u. f.), ferner an Melsen's Luftprojectil (S. 490) und an Mach's Wirbeln im Schußcanale und beim Ueberschlagen elektrischer Funken (S. 495). Gestützt hierauf, glauben wir dem dritten Erklärungsversuche Weber's vollkommen beistimmen zu sollen und möchten diesen nur noch dadurch ergänzen, daß wir glauben, man habe es bei dem Blitzschlage in Ribnitz ebenso wie bei dem gleich nachher zu beschreibenden mit einem sogenannten aufwärts fahrenden Blitze zu thun gehabt. Für diese Ansicht scheinen uns wenigstens äußerst interessante Experimente Planté's zu sprechen, die gleich nachher erörtert werden sollen. Doch lassen wir zuvörderst den Bericht über eine zweite Beobachtung dieser merkwürdigen Naturerscheinung folgen.

Planté berichtet über diesen Fall, welcher sich gleichfalls im Jahre 1884 im Departement Loire-et-Cher ereignet hat, wie folgt: Madame Aucher, welche bei Blois in dem Schlosse »La Sistière« wohnt, dessen fünf Blitzableiter häufig vom Blitze heimgesucht werden, hat erzählt, daß sie sich eines Tages auf der Außentreppe ihres Schlosses gerade in dem Momente befand, als ein Gewitter losbrach und ein Blitz, begleitet von einem heftigen Donnerschlage, niederfuhr; der Blitz schien auf den Blitzableiter eines der Thürmchen zu fallen und im selben Augenblicke sah Madame Aucher einen sehr feinen Wasserstrahl sich von der Oberfläche eines in dem Park gelegenen Teiches auf hinlänglich große Höhe sich erheben; dieser liegt in einer gewissen Entfernung vom Schlosse, steht aber mit letzterem durch die Blitzableiter in Verbindung. Die Personen, welchen diese Erscheinung erzählt wurde, glaubten, es sei dies eine Täuschung gewesen; jedoch die wohlverbürgte Beobachtung des Ribnitzer Blitzschlages und ebenso die nunmehr zu besprechenden Versuche Planté's lassen auch diese zweite Beobachtung als vollkommen glaubwürdig erscheinen.

Die rheostatische Maschine (S. 81) kann bekanntlich in zweifacher Art, nämlich sowohl für Spannungs- als auch für Quantitätswirkungen benützt werden. Für erstere wird die Maschine auf Quantität geschaltet bei der Ladung und auf Spannung bei der Entladung. Bei der Maschine für Quantitätswirkungen

(Fig. 185) bleiben die Condenſatoren auch bei der Entladung auf Quantität geſchaltet. Hier bilden die Condenſatoren, welche mit Hilfe dünner Ebonit-

Fig. 185.



Rheoſtatiſche Maſchine.

Fig. 186 und 187.

Hydro-elektriſcher Stoßheber.

Fig. 188.

Elektriſcher Springbrunnen.

platten hergeſtellt ſind, eine verticale Säule; oberhalb derſelben iſt ein Commutator angebracht, welcher in raſche Rotation verſetzt werden kann und dann die Condenſatoren abwechſelnd durch die Federn C und B mit einer Secundärbatterie von 800 Elementen behufs Ladung oder mit Hilfe der Federn C und E mit den Armen eines Entladers oder beliebigen Apparates behufs Entladung verbindet.

Senkt man nun einen mit einem Pole dieser Maschine verbundenen Platindraht in ein beiderseits offenes Capillarrohr und läßt man ein Ende dieses Rohres in ein Gefäß mit Salzwasser tauchen, während man den zweiten Pol der Maschine mit der Flüssigkeit in Verbindung setzt (Fig. 186), so erscheinen am Ende der Röhre Funken, begleitet von einem eigenthümlich trockenen Geräusche; gleichzeitig und entsprechend jedem einzelnen Funken schießt die Flüssigkeit heftig in die Röhre; bei hinlänglich schneller Aufeinanderfolge der Funken hat die Flüssigkeit keine Zeit, wieder herabzufallen und bleibt daher infolge der fortwährend aufeinanderfolgenden Stöße in einer Höhe bis zu 25—30 Centimeter, entsprechend der elektromotorischen Kraft des Stromes, stehen. Man erhält auf diese Weise eine Art hydro-elektrischen Stoßhebers, der durch die mechanische Wirkung der Elektricität in Thätigkeit gesetzt wird. Ist das Capillarrohr nicht höher als 20 Centimeter, so erscheint die Flüssigkeit in Form leuchtender Tropfen am oberen Ende des Rohres und fließt, so lange der Durchgang des Stromes dauert, an der Außenseite des Rohres in Wellen herab (Fig. 187).

Macht man das Rohr nicht länger als 3 Centimeter und läßt man den in das Innere eingeführten Platindraht 2 oder 3 Millimeter vom Ende des in die Flüssigkeit getauchten Röhrchens enden, in der Art, daß man hierdurch die der directen oder unmittelbaren Einwirkung des elektrischen Stromes unterworfene Materie auf einen sehr kleinen Raum einschränkt, so bildet sich ein veritabler ununterbrochener Wasserstrahl, zusammengesetzt aus außerordentlich feinen Tropfen, welche sich auf mehr als 1 Meter Höhe erheben (Fig. 188). Der Durchgang des Funkens durch die in die Flüssigkeit getauchte Röhre ist von heftigen Stößen und einem sehr intensiven Lärm begleitet; das Wasser wird, sich zerstäubend, trübe, und die in diesem engen Raume zur Wirksamkeit gelangende mechanische Kraft ist so bedeutend, daß sie zuweilen zur Zertrümmerung der zu diesen Experimenten angewandten Glaswanne führt. Taucht man den positiven Pol in die Röhre und wird der negative Draht in die Flüssigkeit der Wanne gelegt, so entsteht der Springbrunnen gleichfalls, aber der Strahl erhebt sich nicht zu einer so bedeutenden Höhe, wie bei umgekehrter Anordnung der Pole.

Die Aehnlichkeit dieser Experimente mit den vorbeschriebenen Naturerscheinungen ist eine so überraschende, daß man wohl kaum besonders darauf hinzuweisen nöthig hat; Planté hat durch die Entladungen einer rheostatischen Maschine für Quantitätsströme im Kleinen dieselben Erscheinungen hervorgerufen, welche im Großen zuweilen durch den Blitz bewirkt werden. Die von Weber vorgeschlagene Erklärung durch wirbelförmige Bewegung hat aber weder für den Blitz noch für den elektrischen Strom etwas Widersinniges

und kann daher jedenfalls, so lange nichts Besseres gefunden wird, gelten gelassen werden.

Aeußerst merkwürdig und noch sehr einer vollkommen befriedigenden Erklärung harrend, sind die durch Blitzschläge zuweilen hervorgebrachten Zeichnungen oder Abbildungen entfernter Gegenstände auf den getroffenen Objecten. Theilen wir auch nicht die Ansicht Stricker's und einiger Anderer, wonach es sich nur um »angebliche« Abbildungen handeln soll und die diesbezüglichen Erzählungen als ein »Rest jener abergläubischen Wundersucht« aufzufassen wären, »welche früher alle mit dem Blitze zusammenhängenden Erscheinungen entstellte«, so können wir doch nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, daß Berichte über Erzeugung von Bildern durch den Blitz mit großer Vorsicht aufzunehmen sind. So erzählt z. B. Raspail, im Jahre 1855 habe ein Knabe, nach einem Vogelneste strebend, eine Pappel erklommen, sei aber hierbei vom Blitze getroffen und zu Boden geschleudert worden. Auf seiner Brust war deutlich das Bild des Baumes gezeichnet und das Nest auf einem seiner Aeste. Horstmann meinte 1863 einen Baum in einem 3 Zoll langen und $1^1/_2$ Zoll breiten Bildchen in der linken Armbeuge eines vom Blitze Erschlagenen dargestellt zu sehen. Stricker schenkt diesen Angaben keinen Glauben und bemerkt dazu, daß keiner der von ihm genannten Autoren sich darüber ausgesprochen habe, wie er sich den fraglichen Vorgang vorstellt. Erkennen wir auch das Unterlassen einer Erklärung einer Beobachtung noch als keinen Grund an, die Beobachtung selbst in Zweifel zu ziehen, so wollen wir trotzdem und zwar an der Hand von Experimenten auf die Möglichkeit einer solchen hinweisen. Doch vorerst wollen wir noch einigen Beobachtungen Raum geben, deren Glaubwürdigkeit anzuzweifeln wir durchaus keinen Grund haben.

H. J. Klein hat in Bezug auf die in Rede stehenden Blitzwirkungen nachstehende Angaben zusammengestellt. Schon im Jahre 1786 berichtete Leray der Pariser Akademie, daß ein Mann, der einem Baume gegenüberstand, während dieser vom Blitze getroffen wurde, ein deutliches Abbild dieses Baumes auf seiner Brust erhielt. Im Jahre 1812 erschlug der Blitz in einer Waldlichtung bei Bath sechs Schafe. Als man die Häute abzog, zeigte sich auf der Innenseite derselben eine deutliche Zeichnung der Gegend. Diese Häute sind öffentlich ausgestellt worden. Im Jahre 1825 traf der Blitz das Schiff »Il buon Cerro« in der Bai von Armino und tödtete einen Matrosen, auf dessen Brust man ein deutliches Hufeisen abgezeichnet fand. Bei einem anderen Schiffe, das in dem Hafen von Zante durch einen Blitzstrahl getroffen wurde, wurde auf der Haut eines Matrosen die Zahl 44 deutlich abgezeichnet, die auf einem gegenüberliegenden Gebäude stand. Im Jahre 1830 schlug der

Blitz in das Schloß La Bomalonière in der Vendée. Nach dem Blitzschlage sah man auf der Rückseite des Kleides einer Dame eine Abbildung der Lehne des Sessels, auf dem sie eben gesessen hatte. Im Jahre 1852 zeichnete der Blitz auf die trockenen Blätter eines Palmbaumes Fichten ab, welche in einer Entfernung von 439 Fuß standen. Als im Jahre 1857 eine Kuh und ihre Hüterin durch den Blitz getödtet worden, fand man ein Bild des Thieres auf der Brust der getödteten Bäuerin abgezeichnet.

Th. Hoh theilt aus dem Hamburgischen Magazin vom 18. Juli 1689 nachstehende Beobachtung mit. In der Kirche zu Lagni wurden vom Blitze 50 Menschen umgeworfen. Auf dem Altartuche fand man abgedruckt die lateinischen Einweihungsworte des Abendmahles, welche in der katholischen Kirche herkömmlich sind, jedoch mit Auslassung des Satzes: »Hoc est enim corpus meum«, wie des späteren: »Hic est enim calix sanguinus mei etc.« Diese Worte waren im Meßcanon roth gedruckt, gleich einigen bedeutungslosen Zierrathen, welche im Abdrucke ebenfalls fehlten. Letzterer war natürlich verkehrt, so daß man die Schrift im Spiegel lesen oder das Altartuch gegen das Licht halten mußte. Nach Aussage des Pfarrers war die »bedruckte Seite gleich auf dem Altartuche gelegen«. L'Aury erforschte hierzu, daß die rothe Druckfarbe austrocknenden Zinnober enthalte, wonach vielleicht der vom Blitze gesteigerte Luftdruck bloß die feuchten schwarzen Buchstaben dem Tuche aufpreßte.

Um schließlich auch noch Beispiele aus jüngster Zeit anzuführen, mögen nachstehend ein Bericht des »Berliner Tagblattes« aus Uppenborn's Journal und ein solcher aus der Zeitschrift »La Nature« wiedergegeben werden; ersterer ist vom 15. Juni 1887 datirt und lautet:

Der während des gestrigen Gewitters am Planufer vom Blitz getroffene Arbeiter, der 31 Jahre alte Schlossergeselle August Naggatz, ist, wie wir nunmehr mittheilen können, nach längerer Zeit aus der Erstarrung, in welche ihn der elektrische Schlag versetzt hat, erwacht und hat sich inzwischen unter sorgsamer ärztlicher Pflege auch schon wieder soweit erholt, daß man auf seine Wiederherstellung mit Sicherheit rechnen kann. Sofort nach der Katastrophe wurde der Betroffene, an dem man kein Lebenszeichen wahrnahm, nach dem Elisabeth-Kinderhospital geschafft, woselbst er aus seiner Betäubung erwachte. Von dort aus erfolgte sodann seine Ueberführung in die Charité, wo man den Patienten in der Abtheilung des Herrn Professors Gerhardt unterbrachte, welcher den »merkwürdigen Fall« heute Vormittag in der Klinik vorstellte. Herr Professor Gerhardt erklärte hierbei, daß er einen solchen Fall selbst zu beobachten noch nicht Gelegenheit gehabt habe. Infolge der Betäubung durch den Blitzschlag hatte Naggatz vor Allem das Gedächtniß

insoweit verloren, daß er keine Ahnung von dem hat, was mit ihm vorgegangen ist; den Blitzstrahl selbst, der ihn niedergeworfen, hat er auch gar nicht gesehen. Er weiß nur noch, daß er Mittags nach Hause gehen wollte. Wie der Herr Professor erklärte, tritt das Schwinden des Gedächtnisses regelmäßig in solchen Fällen ein.

Auf der Brust des Getroffenen fand man eine Röthung vor, welche als das genaue Abbild eines Baumes — eine Momentaufnahme durch den Blitz, — sich darstellt, von dem gestern bereits eine genaue Zeichnung angefertigt wurde. Heute zeigt dieses Blitzbild eine weniger intensive Färbung. ... Der Strahl selbst traf den Mann oberhalb des rechten Schlüsselbeines, fuhr um den Hals herum, die Brust hinunter und theilte sich sodann in der Höhe der Hüften in zwei Stränge. Der stärkere zog sich nach rechts, außen an der Hüfte, in größeren Windungen am Unterschenkel entlang bis zum Fuße hinab. Der linksseitige Streifen geht dagegen an den äußeren Seiten des Ober- und Unterschenkels in mehr gerader Richtung zum Fuße hinunter. Der Patient klagte, nachdem er die Besinnung wieder erlangt hatte, unter Stöhnen und Jammern fortwährend über Schmerzen, die namentlich in den Armen stark auftraten. Auch heute waren diese Schmerzen noch nicht gewichen und äußerten sich vornehmlich im rechten Arm. Dagegen erwiesen sich einige Stellen des Vorderarmes und des Handgelenkes als empfindungslos. Die galvanische Erregbarkeit ist auf der rechten Seite bedeutend erhöht, so daß ganz schwache Ströme schon genügen, um starke Zuckungen hervorzubringen. Gestern war noch eine auffallende Erscheinung an dem Getroffenen bemerkbar, nämlich ein starkes Schwitzen der behaarten Kopfhaut. — Aus unserer eigenen Erfahrung können wir übrigens hinzufügen, daß während eines ungemein starken Gewitters vor etwa fünf Jahren drei Menschen in Berlin vom Blitze getroffen wurden. Es waren dies ein alter Mann, der auf einem Holzplatz, am Kottbuser Damm, auf einem Holzhaufen stehend, vom Blitze sofort getödtet wurde, und zwei Knaben, welche in der Seestraße unter einer Pappel Schutz gesucht hatten. Der eine dieser Knaben war auch sofort getödtet worden, während der andere erhebliche Verletzungen an der Brust und am Arm erlitt, jedoch unter ärztlicher Behandlung am Leben erhalten wurde. Auf der Brust des getödteten Knaben war eine sehr große, zackig umrandete Blitzfigur von blaurother Farbe sichtbar.

Der in der Zeitschrift »La Nature« veröffentlichte Bericht ist ein Schreiben von E. Jobard in Dijon an Tissandier und lautet in deutscher Uebersetzung wie folgt: Am 8. September 1886 ging um 2 Uhr Morgens ein Gewitter über Dijon nieder. ... Am Morgen ging ich im Garten spazieren und wollte mich auf eine angestrichene hölzerne Bank setzen, als ich

zwei Blätter bemerkte, welche daselbst durch die Feuchtigkeit zu haften schienen. Ich rieb mit der Hand, um sie zu entfernen und war sehr überrascht zu sehen, daß ich nichts als eine kleine Menge schwarzen Schlammes wegbrachte, welcher diese Blätter vollkommen umschloß. ... In diesem Momente überraschte mich ein Regenschauer, welcher den schwarzen Schlamm aus den Blättern völlig auswusch, und das Bild selbst schien vollständig ausgelöscht zu werden. — Mehrere Tage zur Abwesenheit gezwungen, konnte ich erst am 15. September diese Bank wieder besuchen, und war sehr überrascht, das Bild wiederzufinden; es hatte fast noch dieselbe Intensität wie am ersten Tage, aber das reliefartige Aussehen, welches ihm der schwarze, inzwischen durch den

Fig. 189.

Abbildung zweier Blätter durch den Blitz.

Regen weggewaschene Schlamm gegeben hatte, war verschwunden. Ich untersuchte das Bild aufmerksam und erkannte, daß die lichten Partien durch Zersetzung der Anstrichfarbe gebildet wurden, geradeso, als ob letztere stark erhitzt worden wäre. Ich hatte zweifellos ein durch den Blitz erzeugtes Bild vor mir, und ich glaube dies in folgender Weise erklären zu können:

Es hatte am 7. September Abends etwas geregnet und die beiden durchnäßten Blätter hatten ihre Feuchtigkeit noch erhalten, während die Bank schon abgetrocknet war. Während des Gewitters, welches am 8. September um 2 Uhr Morgens losbrach, ist nicht ein Regentropfen gefallen. Die elektrische Entladung, welche die Bank traf, wurde vorzüglich durch die nassen Blätter angezogen, verwandelte sie in Kohle und warf die Substanz an die Ränder; im selben Momente bildeten die Blätter einen Schirm, durch

welchen der Blitz die Anstrichfarbe zersetzte und zwar in größerem oder geringerem Maße je nach der Dicke der Blätter und nach ihrem Feuchtigkeitsgehalte; so ist unterhalb der Blattrippen die Farbe unzersetzt geblieben.... Ich beschloß, davon eine photographische Aufnahme zu machen und rief den Gärtner, damit er die Bank in mein Laboratorium trage. Er erzählte mir, daß er das Bild wohl bemerkt habe und daß er es beim Begießen nie versäumt habe, auch das Bild zu bespritzen, um es verschwinden zu machen.... Figur 189 ist nach einer Photographie gezeichnet, welche erst am 15. September desselben Jahres angefertigt und von welcher ein Abdruck an Tissandier gesandt wurde.

Was nun die oben erwähnten Experimente anbelangt, durch welche die Möglichkeit einer ganz natürlichen Erklärung dieser auffallenden Blitzwirkungen dargethan werden soll, so ist zunächst zu bemerken, daß bereits Rieß in seiner Lehre von der Reibungselektricität (1853) eine ganze Reihe von Arten aufzählt, auf welche eine elektrische Entladung Zeichnungen herzustellen vermag. Rieß unterscheidet zwischen elektrischen Bildern und elektrischen Figuren und versteht unter letzteren Zeichnungen, deren Ausdehnung durch die Entladung selbst gegeben wird; bei den Bildern ist jedoch die Ausdehnung willkürlich vorherbestimmt, dadurch, daß man die Entladung durch ein Modell, z. B. eine Münze einleitet. Die Form der Figuren ist charakteristisch für die Art der elektrischen Entladung, die Form der Bilder ist davon unabhängig, wird vielmehr durch das Modell bestimmt. Von den elektrischen Figuren haben wir bereits die Lichtenberg'schen Figuren kennen gelernt und wurde auch schon auf die Priestley'schen Ringe hingewiesen (S. 63, 484 und Taf. I). Von der Gruppe der elektrischen Bilder wurde die Erzeugung elektrischer Hauchbilder angegeben (S. 64). Diese entstehen nun allerdings nicht direct durch die Wirkung des Blitzes, sondern erst durch die Condensation von Dämpfen; doch können durch den elektrischen Funken auch unmittelbar sichtbare Bilder erzeugt werden. Rieß gibt als solche an die Staubbilder, sogenannte feste Bilder und elektrolytische Bilder.

Zur Erzeugung von Staubbildern empfahl Rieß folgendes Verfahren. Das Modell, ein gravirter Metallstempel, wird auf eine einfache Pechplatte gestellt; am oberen freien Ende des Stempels befestigt man eine feine Nadel, der man bis auf einen Centimeter Entfernung die Kugel einer positiv geladenen Leydenerflasche nähert. Die auf der Pechplatte aufliegende Stempelfläche ladet sich dann durch Influenz positiv elektrisch (vergl. Spitzenwirkung mit Influenz, S. 37). Der Zweck dieser Art der Elektrisirung ist, ein zu starkes Elektrisiren zu vermeiden. Nachdem man die Pechplatte etwa 21 Minuten der elektrischen Einwirkung in dieser Weise ausgesetzt hat, hebt man den

Stempel ab und bestäubt die Fläche wie bei der Erzeugung Lichtenberg'scher Figuren. Man erhält auf diese Art sehr scharfe Bilder.

Die von Rieß als feste Bilder benannten Zeichnungen sind eigentlich als eine weitere Ausbildung der Hauchbilder zu betrachten. Geht nur eine geringe Anzahl von Entladungen zwischen der Metallfläche und der sie deckenden Glimmerfläche über, so beginnt die Entladung in der fremden Schichte auf der Oberfläche des Metalles und das Metall bleibt unversehrt; ist hingegen diese fremde Schichte zerstört und dadurch eben das Hauchbild entstanden und man läßt die Entladungen fortdauern, so beginnen diese im Metalle selbst und verändern dieses. Karsten, welcher zuerst derartige Bilder erzeugte, erhielt nach tausend Umdrehungen seiner Elektrisirmaschine das Bild einer Münze in einer Silberplatte eingeätzt.

Elektrolytische Bilder entstehen endlich durch Zersetzung einer dazu geeigneten Salzlösung, z. B. Jodkaliumlösung, wobei dasselbe Verfahren wie bei Erzeugung der Hauchbilder eingeschlagen wird; man hat dann nur an Stelle der Metallplatte ein mit Jodkalium befeuchtetes Papier zu setzen. Man erhält dann, infolge der elektrolytischen Ausscheidung des Jodes, braune Bilder.

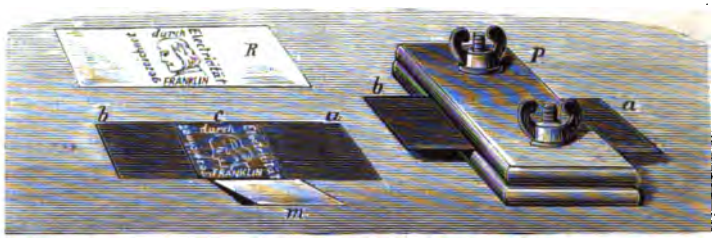
Ganot gibt zur Erzeugung elektrischer Porträts folgendes Verfahren an. Ein dünnes Cartonblatt wird so zugeschnitten, wie es a b m in Figur 190 zeigt. In der Mitte desselben bei c wird dann das gewünschte Porträt ausgeschnitten. Dann klebt man auf die beiden Theile a und b Stanniolstreifen und bedeckt das ausgeschnittene Porträt mit einem dünnen Goldschlägerhäutchen, so zwar, daß dieses zu beiden Seiten auf dem Stanniolstreifen aufliegt. Hierauf klappt man den Lappen m zu, legt das Ganze auf ein Stück weißer Seide und mit dieser in eine hölzerne Presse P. Läßt man hierauf von a nach b den Entladungsschlag einer wenig mächtigen Flaschenbatterie gehen, so wird das Gold zerstäubt, dringt durch die Ausschnitte des Papiers und reproducirt das Porträt in brauner Farbe.

Bilder entstehen auch durch den sogenannten elektrischen Schatten. Crookes hat die Bildung derselben für elektrische Entladungen in äußerst stark verdünnten Gasen, Holtz für solche in gewöhnlicher Luft nachgewiesen Zwar sind die in solcher Weise erzeugten Bilder in der Regel nur für die Dauer der Entladung sichtbar, doch können sie unter günstigen Umständen wohl auch dauernd sichtbar gemacht werden.

Der Apparat, dessen sich Crookes bediente, ist in Figur 191 abgebildet. In dem birnförmigen Glasgefäße, aus welchem die Luft möglichst sorgfältig ausgepumpt wurde, bildet ein Metallscheibchen a den negativen, das Kreuz bei b den positiven Pol; letzteres stellt gleichzeitig auch den schattenwerfenden

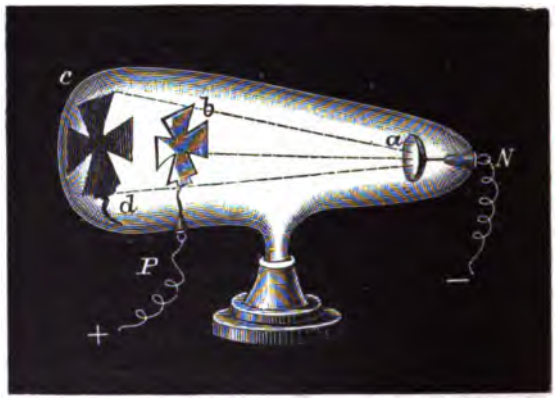
Gegenstand dar. Verbindet man nämlich P und N mit den Polen eines Inductoriums, so erscheint ein dunkles Kreuz c d auf hell phosphorescirendem

Fig. 190.



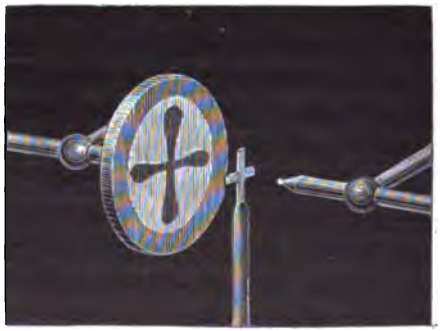
Erzeugung von Bildern durch Elektricität.

Fig. 191.



Elektrischer Schatten.

Fig. 192.



Elektrischer Schatten.

Hintergrunde. Die Erscheinung verschwindet, sobald man den Inductionsstrom unterbricht; läßt man denselben jedoch längere Zeit durch die Glasbirne gehen, so bildet sich an den schattenfreien Theilen der Glasfläche ein Metallniederschlag, der sich aus Theilchen zusammensetzt, welche von der negativen Elektrode abgerissen werden. Das Kreuz auf der Glaswand bleibt dann natürlich auch noch sichtbar, wenn der Inductionsstrom unterbrochen wird.

Holtz benützte zu seinen Experimenten die nach ihm benannte Influenzmaschine. An einem ihrer Pole wurde eine Holzscheibe befestigt, die mit Seide überzogen war, der andere Pol trug eine Spitze. Zwischen beiden stand ein in der Form eines Kreuzes geschnittener Leiter. Wurde bei dieser Anordnung die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so bedeckte sich die Scheibe mit einem schwachen phosphorescirenden Schein, der jedoch nur im verdunkelten Raume wahrgenommen werden konnte; von diesem Scheine hob sich der schwarze Schatten des Kreuzes deutlich ab (Fig. 192). Wurde die Scheibe mit einem feinen Pulver, z. B. Lycopodium, bestreut, so gelang es Holtz, den Schatten auch auf einige Zeit zu fixiren.

2. Wärmewirkungen des Blitzes.

Nicht minder interessant und nicht minder bedeutend als die mechanischen Wirkungen sind auch zuweilen die durch den Blitzschlag ausgeübten Wärmewirkungen; diese sind im Wesentlichen von zweierlei Art: der Blitz bewirkt Schmelzungen oder er veranlaßt Zündungen. Hierbei tritt die erstgenannte Wirkung hauptsächlich bei Elektricitätsleitern, also Metallen auf, letztere bei Nichtleitern; Schmelzungen an Nichtleitern kommen zwar ebenfalls vor, aber doch nur unter ganz bestimmten Bedingungen. Wir wollen nun zunächst jene Wärmewirkungen näher betrachten, welche der Blitzschlag auf Metalle ausübt.

Läßt man den elektrischen Strom durch einen metallischen Leiter gehen, so wird dieser, gleiche Stromstärke vorausgesetzt, desto stärker erhitzt, je größer der Widerstand ist, welchen der Leiter dem Durchgange des Stromes entgegensetzt. Von einer kaum merkbaren Erwärmung kann die Erhitzung bis zu heller Glut gesteigert werden, wenn der Widerstand des Leiters entsprechend erhöht, also z. B. dessen Querschnitt hinlänglich vermindert wird. Ein und derselbe Leiter kann anderseits nur bis zur Glut oder aber bis zum Schmelzen erhitzt werden, wenn man mäßig starke oder hingegen sehr kräftige Entladungen herbeiführt. (Vergl. S. 68 u. f.) Also diese Wirkungen des elektrischen Stromes von der kaum fühlbaren Erwärmung des Leiters an bis zu einem Schmelzen, ja sogar bis zum vollständigen Verdampfen desselben sind auch bei Blitzschlägen häufig beobachtet worden. Der Blitz durchläuft Eisenstangen von genügender Stärke, ohne an diesen die geringste Spur zu hinterlassen, wie wir einen solchen Fall bereits kennen gelernt haben (S. 565), er erhitzt Eisenketten von ungenügender Leitungsfähigkeit zur Schweißhitze (S. 566) oder schmilzt z. B. eine Platinspitze (S. 568) oder verwandelt endlich einen Metalldraht sogar in Dampf (S. 565).

Das Paketboot New-York wurde auf seiner Ueberfahrt von Amerika nach Liverpool am 19. April 1827 zweimal vom Blitze getroffen. (Vergl. S. 498.) Der erste Blitzschlag schmolz ein Bleirohr von 6 Cmtr. Durchmesser und 12 Mmtr. Dicke, welches aus dem Toilettenzimmer quer durch die Schiffswand gegen das Meer führte. Der zweite Blitzschlag fiel auf den inzwischen auf dem großen Maste aufgerichteten Blitzableiter. Die eiserne Fangstange desselben wurde dabei auf eine Länge von 23 Cmtr. bis zu einer Stärke von 6 Mmtr. Durchmesser geschmolzen. Die Leitungskette, die aus 6 Mmtr. dicken Eisendrähten gebildet war und eine Länge von beiläufig 40 Mtr. hatte, war bis auf ein kurzes Stück, das an der Basis des Eisenstabes hängen geblieben, abgeschmolzen.

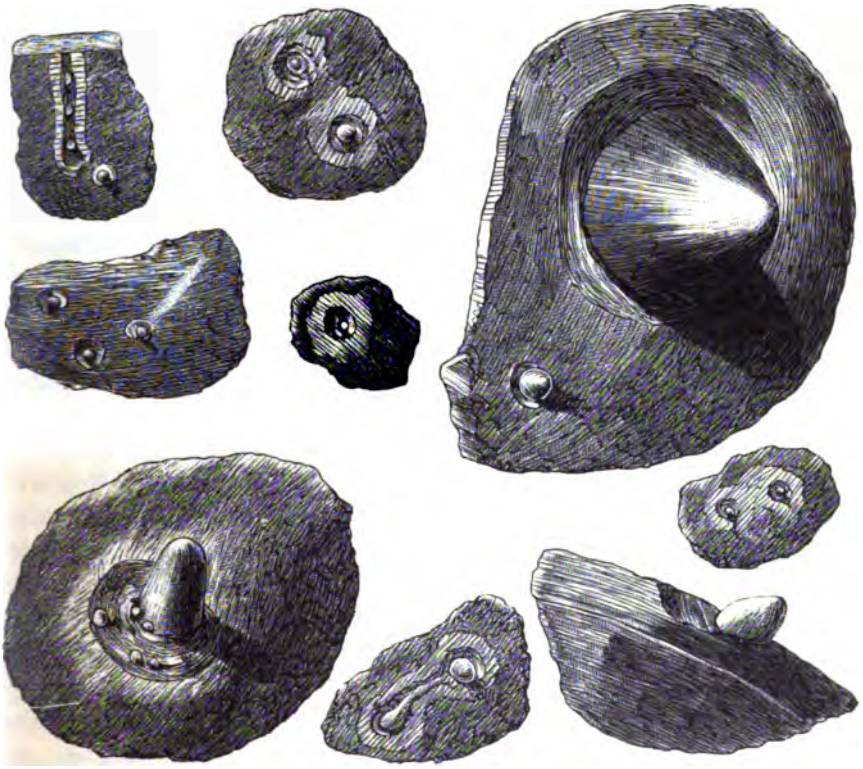
Nach einer Angabe des englischen Capitäns Dibden in den Philosophical Transactions soll der Blitz im Jahre 1759 eine quadratische Eisenstange von 24 Mmtr. Seite, welche auf der Mauer einer Capelle auf Martinique errichtet war, bis zur Dicke eines dünnen Drahtes verringert haben. Sieht man von diesem Falle, für welchen es nicht bekannt ist, ob diese Verringerung des Querschnittes durch Schmelzung oder nur durch Verlängerung des Eisens bewirkt wurde, ab, so ist bis jetzt kein Beispiel bekannt geworden, in welchem der Blitz eine Eisenstange von 15 Mmtr. Breite geschmolzen hätte.

In Bezug auf die durch den Blitz bewirkte Form der Schmelzung ist eine Beobachtung interessant, welche an meteorologischen Instrumenten auf dem Gipfel des Puy de Dôme gemacht wurde. Die Fläche daselbst umfaßt kaum 8—9 Ar; auf derselben erhebt sich ein runder 8 Mtr. hoher Thurm, der von einem 6 Mtr. langen viereckigen Maste aus Winkeleisen überragt wird. Dieser trägt ein Anemometer mit vier Robinson'schen Halbkugeln aus rothem Kupfer von 2·5 Mmtr. Dicke. Die Reinigung derselben wird durch einen Absatz ermöglicht, zu dem eine Treppe aus Eisenplatten hinaufführt. Das Ganze bildet eine Eisenmasse, deren Gewicht mehrere tausend Kilogramm erreicht, und in der die eckigen, kantigen Theile sehr zahlreich sind. Zwei metallische Kabeln von 2 Cmtr. Durchmesser sind mit Kabeln von 3 Cmtr. Durchmesser verbunden, die in einer Länge von 100 Mtr. in eine stets feuchte Erdschicht dringen und daselbst in Platten aus Rothkupfer von 1·5 Qu.-Mtr. Oberfläche enden.

An den vorspringenden Theilen dieser Eisenconstruction ist hier, wie Alluard berichtete, das Elmsfeuer sehr häufig zu beobachten, und zuweilen vernimmt man gleichzeitig ein zischendes Geräusch. Interessanter sind aber noch die Wirkungen der Blitzschläge, welche an den kupfernen Robinson'schen Halbkugeln erscheinen. Die Blitze treffen nur die oberen Hälften dieser Halbkugeln. Alle zeigen Spuren von Schmelzung und zwar wurden beobachtet 12

auf der einen, 15 auf der zweiten, 18 auf der dritten und 20 auf der vierten Halbkugel. Der 4 Mmtr. dicke Eisenring, der sie verbindet, ist auch auf 6 Punkten geschmolzen. Diese Schmelzung hat überall stattgefunden, sowohl auf den runden Theilen, wie auf den winkeligen, und stets in derselben Weise. Die Substanz, Kupfer oder Eisen, ist in einer Ausdehnung, die

Figuren 193—201.



Durch den Blitz bewirkte Metallschmelzungen. (La Nature.)

zwischen 3 und 4, auch 5 Qu.-Mmtr. schwankt, geschmolzen und dann in Gestalt eines Kegels gehoben (Fig. 193—201); man könnte von einem kleinen vulcanischen Kegel inmitten eines Kraters sprechen. Es sieht gerade so aus, als ob eine von außen wirkende Anziehungskraft die geschmolzene Substanz über die Oberfläche der Halbkugeln emporgehoben hätte. Es würde sich wohl der Mühe lohnen, mit Hilfe kräftiger Entladungsströme derartige Metallschmelzungen auf künstlichem Wege hervorzurufen und experimentell zu studiren.

Wir erinnern uns, daß bereits die Alten (Aristoteles, S. 101) von merkwürdigen Metallschmelzungen zu erzählen wußten, die der Blitz bewirkt haben soll. Besonders auffallend sind jene Erzählungen, wonach Metalle geschmolzen sein sollen, ohne brennbare Körper, mit welchen sie in unmittelbarer Berührung gestanden, zu entzünden. Derartige Angaben sonst verläßlicher Schriftsteller veranlaßten Franklin sogar zur Aufstellung der gewagten Hypothese, der Blitz sei imstande, kalte Schmelzungen, d. h. Schmelzungen ohne irgend welche Wärmewirkungen hervorzubringen. Die seither gesammelten Beobachtungen lehren jedoch, daß der Blitz diese Eigenschaft keineswegs besitzt, daß vielmehr die durch ihn hervorgebrachten Schmelzungen stets mit einer entsprechenden Wärmewirkung verbunden sind. Will man aber trotz alledem nicht alle diesbezüglichen Erzählungen der Alten kurzweg als Märchen erklären, so steht uns noch, wie Arago aufmerksam machte, der Ausweg offen, bei den Angaben: der Blitz schmelze das Geld im Beutel, den Degen in der Scheide u. s. w., zu denken, der betreffende Schriftsteller habe hierbei nicht an ein vollkommenes Schmelzen der betreffenden Metalle, sondern nur an ein oberflächliches, an scharfen Kanten, Spitzen u. dgl. gedacht. Erzählungen, welche aber eine derartige Auslegung zulassen, können wir, wenn sonst der betreffende Autor ein verläßlicher ist, immerhin als glaubwürdige bezeichnen.

Ueber einen vollkommen verbürgten Fall letzter Art berichtet Arago wie folgt. Im Jahre 1781 wurde d'Aussac zugleich mit dem Pferde, welches er ritt, durch einen Blitz in der Gegend von Castres erschlagen. Garipuy, Mitglied der Akademie in Toulouse, untersuchte nach dem Ereigniß aufmerksam den Degen mit silbernem Griffe, welchen d'Aussac getragen hatte, und bemerkte: zwei kleine geschmolzene Stellen an der Muschelverzierung des Griffes, die eine oben, die andere unten; zwei deutliche, aber nur oberflächliche Anzeichen einer Schmelzung an der Spitze der Klinge, auf 12 Mmtr. Länge; die oberflächliche Schmelzung des eisernen Endes der Scheide (dieses Eisenstück war auch mit einem länglichen Loche, durch welches Garipuy die flache und breite Klinge seines Messers führen konnte, durchbohrt); in einer Entfernung von 26 Cmtr. vom Griffe, eine Schmelzung des oberen Theiles der Schneide auf 6 Mmtr. Länge und 3 Mmtr. Breite, wobei der Umstand noch zu bemerken ist, daß dem geschmolzenen Theile gegenüber die Scheide nicht verbrannt war, sondern nur mit einem 3 Mmtr. im Durchmesser haltenden Loche durchbohrt.

De Gautran, welcher im Augenblicke des Blitzschlages neben d'Aussac ritt, und dessen Pferd ebenfalls getödtet wurde, trug ein großes Jagdmesser, an welchem Garipuy bemerkte: daß die kleine silberne Kette, welche von dem Knopfe nach dem Stichblatte herabhing, in der Nähe des letzteren geschmolzen und von ihm abgelöst war; daß der Knopf in einer Fläche von

6 Mmtr. im Quadrat in der ganzen übrigens sehr wenig beträchtlichen Dicke des Silbers geschmolzen war; daß der untere Theil an der Schneide der Klinge und ebenso das silberne Ende der Scheide an einander gegenüber liegenden Stellen auf 3 Mmtr. im Quadrat geschmolzen waren, und daß der Theil der Scheide, welcher sich zwischen diesen beiden geschmolzenen ganz nahe an einander liegenden Stellen befand, durchlöchert, aber nicht verbrannt war.

Die Schmelzung auf dem Degen d'Aussac's zeigte sich also nur auf beiden Enden, d. h. an den beiden Punkten, an welchen der Blitz ein- und ausgetreten war, und außerdem noch an der Stelle, wo allem Anscheine nach der Blitz sich zwischen Reiter und Pferd theilte. Hier haben wir also in einem ganz authentischen, gut beobachteten Ereignisse Schmelzung von Silber und von zwei Stahlklingen ohne Entzündung der Scheide. Aber die Schmelzung der Klingen erstreckt sich nur auf eine oberflächliche Schicht in geringer Ausdehnung und in einer, wie man mit vollem Rechte annehmen kann, nur äußerst geringen Tiefe. Daß derartige Schmelzungen durch den Blitz bewirkt werden können, ohne gleichzeitiger Zündung der Lederscheide oder anderer brennbarer Stoffe, bedarf wohl kaum einer näheren Erklärung. Erscheint doch ein dünner Metalldraht, der, in eine Flamme gehalten, soeben noch in heller Weißglut strahlte, fast augenblicklich abgekühlt, wenn man ihn aus der Flamme nimmt. Noch schneller erfolgt die Abkühlung, wenn er von der Flamme weg auf eine Metallmasse gelegt wird, welche seine Wärme rasch ableitet. Die Schneide eines Degens oder die Spitze eines Messers oder ein dünner Silberbeschlag auf metallischer Unterlage werden sich aber nach erfolgter Erhitzung ebenso verhalten müssen, als der auf eine Metallmasse gelegte glühende Draht. Es kann also sehr wohl geschehen, daß durch einen Blitzschlag momentan genügende Hitze erzeugt wird, um derartige oberflächliche Metallschmelzungen zu bewirken, die aber unzulänglich ist, brennbare Substanzen zu entzünden.

In derselben Weise dürfte wohl auch eine Notiz aufzufassen sein, welche sich in der Zeitschrift »La lumière électrique« vom Jahre 1886 findet. Hiernach wurde Madame Chardain, aus Isles, vom Blitze getroffen, als sie Kräuter sammelte. Eine Seite des Gesichtes war verbrannt. Außerdem wurde eines der Ohrringe geschmolzen und dasselbe geschah mit einigen Geldstücken in der Tasche der Frau, ohne daß diese Tasche beschädigt worden wäre.

Nicht minder interessant als die Wärmewirkungen des Blitzes auf Metalle sind jene auf Gestein und auf die Erdoberfläche überhaupt. Auf erstere hatten wir bereits Gelegenheit hinzuweisen, als wir die Höhe der Gewitterwolken zu bestimmen suchten (S. 219). Im Jahre 1787 fand

Sauſſure auf dem Gipfel des Montblanc, welcher den Namen le Dôme du Goûté führt, Maſſen eines ſchiefrigen Amphibols, die mit ſchwärzlichen, augenſcheinlich verglaſten Tropfen und Blaſen von der Größe eines Hanfkornes bedeckt waren. Er glaubte dieſe Blaſen um ſo mehr als Wirkungen des Blitzes betrachten zu müſſen, als er ähnliche auf Ziegelſteinen ſah, welche von dieſem Meteore getroffen worden waren.

Ramond ſandte einen Bericht über von ihm auf mehreren Gipfeln der Pyrenäen beobachtete diesbezügliche Erſcheinungen an Arago, dem wir Folgendes entnehmen: Der Gipfel des Pic du Midi beſteht aus druſigem Glimmerſchiefer von außerordentlicher Härte und grauſchwarzer Farbe. Der Blitz wirkt nur auf ſeine Oberfläche ein, die er mit einer gelblichen, verglaſten Schicht überzieht, auf welcher theils kugelige, theils zerplatzte und vertiefte Auftreibungen und Blaſen entſtehen, die gewöhnlich undurchſichtig, bisweilen aber auch halb durchſichtig ſind. Es gibt Felſen, deren ganze Oberfläche mit einer ſolchen Glaſur überzogen und mit Blaſen oft bis zur Größe einer Erbſe bedeckt iſt.... Der geſchmolzene Theil hat nur einen Millimeter Dicke. Der Gipfel des Mont-Perdu zeigte die nämliche Erſcheinung. Der kalkige, bituminöſe Stinkſtein iſt an ſeiner Oberfläche mit Blaſen einer gelblichen Glaſur überzogen.... Sehr auffallend iſt es, daß eine Hitze, welche die Oberfläche zu verglaſen vermag, dem Steine jenen Leichengeruch, von dem wir ihn ſo leicht durch Auflöſen in Säuren oder durch etwas ſtarkes Erhitzen befreien, nicht genommen hat. Ebenfalls oberflächliche Schmelzungen mit Blaſen und Auftreibungen auf einer Glaſur von geringer Dicke hat Ramond an dem Klingſteinporphyr des Felſens Sanadoire, einem Berge im Departement des Puy-de-Dôme, gefunden.

Humboldt und Bonpland fanden die Oberfläche des Felſens auf dem Gipfel des Toluca (im Weſten der Stadt Mexiko) verglaſt. Die verglaſten Maſſen nahmen einen Raum von $1\frac{1}{2}$ Quadratfuß ein. Der olivengrüne Ueberzug hatte kaum $\frac{1}{20}$ Linie Dicke und glich der Rinde einiger Meteorſteine. An mehreren Stellen war der Felſen durchlöchert, und die Löcher zeigten inwendig dieſelbe glaſige Rinde.

Der Blitz bewirkt aber nicht nur derartige oberflächliche Schmelzungen, ſondern bringt auch, unter günſtigen Umſtänden, d. h. wenn er auf erdige oder ſandige Maſſen trifft, beträchtlich tief in die Tiefe ein und hinterläßt im Innern die Spuren ſeines Durchganges. Durch die hierbei bewirkten Schmelzungen werden längere oder kürzere, mehr oder minder verzweigte röhrenartige Gebilde geſchaffen, welche gegenwärtig als Producte des Blitzes mit voller Sicherheit erkannt ſind und mit dem Namen **Blitzröhren** (ſchlechter **Blitzfinter**) oder **Fulguriten** bezeichnet werden.

Die erste Auffindung und Beschreibung dieser merkwürdigen Gebilde rührt von dem schlesischen Landprediger Leonh. David Hermann aus Massel her, der aber allerdings von der Entstehung derselben keine Kenntniß hatte. Die von einigen Seiten geäußerte Vermuthung, die Fulguriten seien bereits den Alten bekannt gewesen, beruht auf einer irrthümlichen Auffassung einiger Stellen in den Schriften der Alten.*)

Hermann hat die Blitzröhren in einem Sandhügel, der damals unter dem Namen Töppel- (Töpfe) Berg in der Nähe des Dorfes Massel stand, im Verlaufe der Zeit aber durch Einwirkung des Windes fast der Erde gleich gemacht worden ist, gesammelt. Wie die Auffindung von Urnen, Knochen, Münzen ꝛc. beweist, war hier ein heidnischer Begräbnißplatz; die ersten Urnen waren schon im XVI. Jahrhunderte durch den Wind bloßgelegt worden. In diesem Hügel hat Hermann Blitzröhren bis zu ansehnlichen Tiefen ausgegraben und dann dieselben zwar roh aber doch ganz gut kenntlich abgebildet und deutlich beschrieben. Das Buch erschien unter dem Titel: »Maslographia oder Beschreibung des schlesischen Massel im Fürstenthum Oels (vier Meilen von Breslau) mit seinen Schauwürdigkeiten .... von Leonh. David Hermann, Pfarrer zu Massel. Brieg 1711.« Von diesen Fulguriten — Gilbert hat sie in späterer Zeit als solche mit voller Sicherheit erkannt — kamen Stücke in die Dresdener Mineraliensammlung und wurden daselbst von dem damaligen Inspector Dr. Titius unter dem Namen Osteocolla eingereiht.

Neuerdings aufgefunden und auch ihrer wahren Natur nach richtig erkannt wurden die Blitzröhren erst im Jahre 1805 wieder durch den Oekonomen Hentzen in der Senne, der bekannten Sandwüste Paderborns. K. G. Fiedler hat dann unter Hentzen's Leitung eingehendere Nachforschungen in der Senne angestellt und die hierbei gefundenen Fulguriten einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Er berichtete über die Auffindung von Blitzröhren an ihrer Geburtsstätte wie folgt.

Wir gruben den Sand von der einen Seite weg, so daß die Röhre nur noch von der anderen Seite her Halt hatte. Sie ging bald auf die eine, bald auf die andere Seite, unregelmäßig sich krümmend, in den Sandboden senkrecht hinab und war ringsherum mit röthlichem, ins Gelbliche stechendem Sande, etwa eine Linie dick (nach Pariser Decimalmaß gerechnet), umgeben. Es freute mich sehr, als ich bemerkte, daß ein Seitenast, sich nach unten senkend, von ihr abging (Fig. 202). Der Sand zwischen diesem Aste und dem Hauptstamme war gewiß $1\frac{1}{2}$ Linien tief röthlich gefärbt, und diese Färbung

*) Urbanitzky, Elektricität und Magnetismus im Alterthume. Wien 1887, S. 161 u. f.

Fig. 202.

Fig. 205.

Fig. 203.

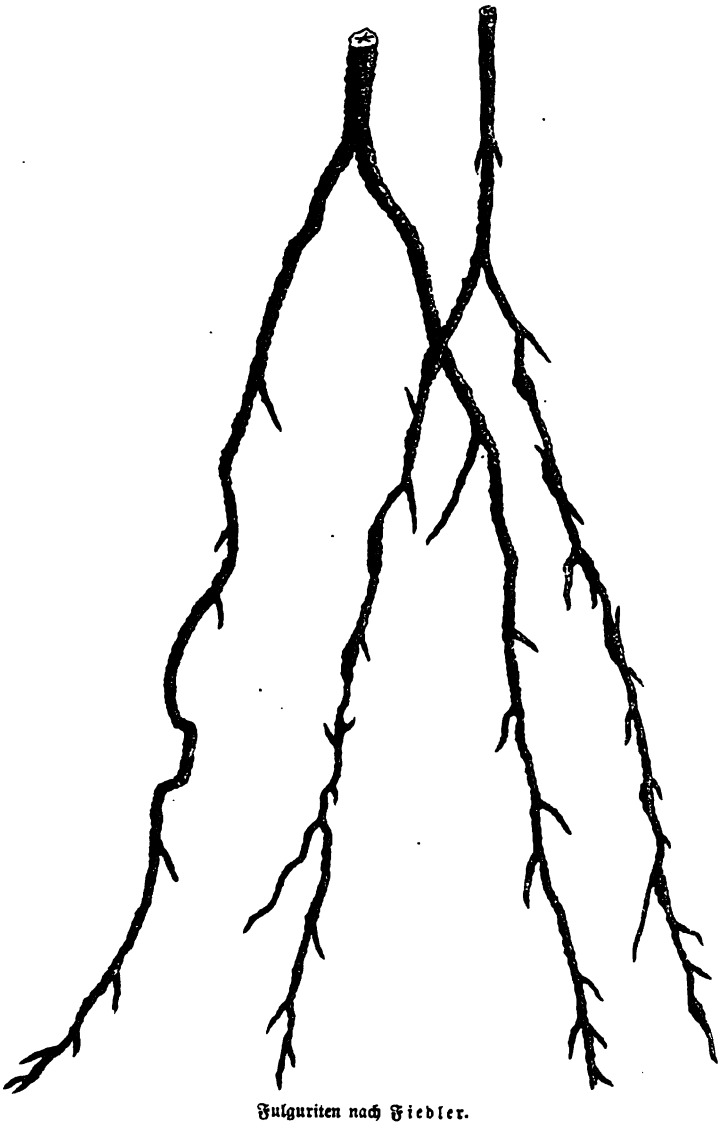
Fig. 206.

Fig. 204.

Fulguriten nach Fiedler.

fand ebenso auch nach Endigung des Seitenastes in dem Sande statt. Eine zweite, aber nur 1/4 Zoll lange Spitze ging 1 Fuß tiefer aus dem Haupt-

Figuren 207 und 208.



Fulguriten nach Fiedler.

stamme ab. Die Enden dieser beiden Seitenäste waren verschlossen, doch so, daß die äußersten Quarzkörner nur oben schwach verschmolzen sie zuschlossen und bei der geringsten Berührung abfielen, so daß man dann in die innere

Oeffnung des Seitenastes hineinsehen konnte. Ungefähr 3 Zoll weiter hinab lief quer über die eine Seite der Röhre eine Erhabenheit, deren oberer Theil so wenig Festigkeit hatte, daß er sogleich zerbrach und nun eine aufwärts ausgehende längliche Oeffnung (Fig. 203 a) mit dünnen Seitenwänden zeigte, die aus schwach verglasten, fast undurchsichtigen weißen Quarzkörnern bestanden (es scheint hier ein Aufschäumen der geschmolzenen Masse stattgefunden zu haben). Etwas über $1^1/_2$ Zoll weiter herunter ging ein Seitenast ab, welcher aber etwa 8 Linien tiefer wieder in den Hauptstamm zurückkehrte (Fig. 203 b). Nachdem ich die Röhre bis gegen 4 Fuß Tiefe auf einer Seite entblößt vor mir hatte, fing ich an, sie herauszunehmen; ich mochte dieses aber mit noch so viel Behutsamkeit thun, so gelang es mir doch nicht, lange zusammenhängende Stücke herauszubekommen, denn die Röhre war durch häufige Quersprünge in größere und kleinere Stücke getrennt. Das längste Stück derselben, welches ich besitze, ist 3 Zoll 7 Linien, das kleinste 6 Linien lang. (Das in Figur 203 in seiner natürlichen Größe abgebildete besteht aus zwei Stücken.) Hentzen schreibt diese Risse dem schnellen Erkalten der geschmolzenen, vom kalten, stets feuchten Sande dicht und fest umschlossenen Quarzmasse zu, die, weil sie sich nicht allmählich zusammenziehen konnte, in lauter kurze Stücke springen mußte. Die Risse wären also ein Beweis mehr, daß die Röhren durch Schmelzung entstanden sind. Der Sand ist in der Senne gewöhnlich in der Tiefe von ein paar Fuß feucht und wird, je tiefer man gräbt, desto feuchter. Ich konnte diese Röhre, welche so viel Merkwürdiges darbot, leider nur 4 Fuß tief verfolgen, weil es mir an den nöthigen Vorrichtungen fehlte, um das Nachrollen des Sandes zu verhindern. Bis dahin bemerkte ich kaum eine Abnahme ihrer Stärke, doch schloß ich aus dem spitz zulaufenden Seitenaste, daß auch sie nach ihrem Ende zu immer dünner werde und zuletzt spitz zulaufe. Der Seitenast ist hohl und öffnet sich in den Hauptstamm. Die Röhre selbst ist etwas platt, ihre Oeffnung hat nur $^1/_2$ Linie Weite, und die Masse der Röhrenwände besteht aus einem graulichweißen Glase, voll kleiner länglicher Blasen, und ist auf der Außenseite der Röhre graulich weiß ins Gelbliche stechend. Die Röhre verengte sich immer mehr, trat bald ganz zusammen und blieb mehrere Zoll völlig verschlossen, so daß man in ihrer auslaufenden strahligen Textur keine Spur von einer durchgehenden Oeffnung mehr sieht, die sich jedoch weiter unten wieder zeigt.

Fiedler fand ferner eine größere Anzahl dünner Röhren, wie sie in Figur 204 dargestellt sind, die aber alle von ihrer Geburtsstätte getrennt und wahrscheinlich durch den Wind weiter gerollt waren. Auch wurden Blitzröhren gefunden, bei welchen die sehr vollkommen geschmolzene Masse an einzelnen Stellen fast ganz zusammengefallen war; dies war z. B. bei

einer der stärksten Blitzröhren, die Hentzen gefunden und Fiedler zum Geschenke gemacht hat, der Fall; sie ist in Figur 205 in natürlicher Größe abgebildet. Figur 206 zeigt eine Blitzröhre, die beinahe völlig rund war; ihre Seitenwände sind nur so dick wie starkes Papier und bestehen aus einem halbdurchsichtigen Glase voll durchscheinender milchweißer Quarzkörner.

Endlich erhielt Fiedler noch die Zeichnungen des gesammten Verlaufes zweier Blitzröhren von einem Liebhaber der Naturwissenschaften, Namens A. van Converden. Diese sind in den Figuren 207 und 208 abgebildet und stammen vom Rheine aus dem ehemaligen Bisthume Münster. Außer der Gabelung sind an diesen Röhren die vielfachen Verästelungen der einzelnen Zweige bemerkenswert. Der etwaige weitere Verlauf der beiden Aeste der in Figur 207 abgebildeten Röhre konnte des Wassers wegen nicht weiter verfolgt werden. Bei der in Fig. 208 dargestellten Röhre konnten jedoch die Enden der beiden Aeste erreicht werden, bevor man durch das Wasser daran verhindert wurde; die Enden verliefen aber in sehr nassem Sande. Diese Röhre ist überdies durch die vielfachen knotenartigen Anschwellungen ausgezeichnet. Beide Röhren zeigten sich von röthlichem Sande umgeben.

Die vorstehend beschriebenen Funde wurden von Fiedler einer eingehenden Untersuchung unterworfen, deren Ergebniß war, daß man es hierbei unzweifelhaft mit Sandschmelzungen zu thun hat, die durch den Blitz hervorgebracht worden sind. Fiedler wies nach, daß aus dem Senner Sande durch entsprechend heiße Flammen der Fulguritenmasse vollkommen gleichende Schmelzproducte erhalten werden, er zeigte, daß die röthliche Färbung des Sandes der Abscheidung von Eisenoxyd zuzuschreiben ist u. s. w. Hiernach lag es nun auch nahe, eine künstliche Nachahmung der Blitzröhren zu versuchen. (Einen derartigen Versuch haben wir bereits im Durchschlagen von Glasplatten durch den Entladungsstrom, S. 65, kennen gelernt.) Hachette, Savart und Beudant gelang die künstliche Erzeugung von Blitzröhren mit Hilfe einer starken Batterie (von Charles) im Conservatoire des Arts et Métiers; die Entladungsschläge dieser Batterie wurden durch Glaspulver geleitet, mit welchem man ein in einen Ziegelstein gebohrtes Loch ausgefüllt hatte; hierbei wurde eine Röhre von 25 Mmtr. Länge, 1·5 bis 3 Mmtr. äußerem und 0·5 Mmtr. innerem Durchmesser erhalten. In einer Mischung von Glas und Kochsalz entstand eine Röhre von 30 Mmtr. Länge, $4^1/_2$ Mmtr. äußerem und 2 Mmtr. innerem Durchmesser.

Rollmann erhielt unter Anwendung von Schwefelblumen Röhren von 50 und sogar von 80 Mmtr. Länge. Wurde jedoch die Flaschenentladung durch Einschaltung eines nassen Fadens in den Schließungsbogen verzögert, so resultirten keine Röhren, sondern compacte Schmelzfäden.

Wenn nun auch die angegebenen Untersuchungen und Experimente mit großer Wahrscheinlichkeit die Erzeugung von Blitzröhren durch den Blitz annehmen lassen, so beruht diese Erklärung doch nur darauf, daß keine andere in der Natur wirkende Kraft gefunden werden konnte, welche derartige Schmelzproducte zu erzeugen vermag. Es würde zu weit führen, hier die Unhaltbarkeit jener Erklärungsversuche nachzuweisen, welche dahin gingen, daß man die Fulguriten als Wurzelincrustationen oder als mineralische Sinterproducte oder endlich als Gehäuse ehemaliger Meeresbewohner aufzufassen habe. Es kann dies auch um so eher unterbleiben, als die Erzeugung der Fulguriten durch den Blitz gegenwärtig bereits durch directe Beobachtung ihrer Entstehung vollkommen unzweifelhaft bewiesen erscheint. Solche Beobachtungen erzählen Reimarus, Fiedler, Arago und Hoh.

In Fiedler's Abhandlung (und auch bei Reimarus) finden wir folgenden Bericht Withering's: Nachmittags am 3. September 1789 entzündete ein von Süd nach Nord ziehendes Gewitter ein Kornfeld, doch löschte der Regen den Brand sogleich wieder; und bald nachher schlug der Blitz in den Park des Grafen Aylesford zu Pakington in eine 39 Fuß hohe Eiche.... Ein Mann hatte an der Nordseite des 13 Fuß hohen Stammes unter dieser Eiche Schutz gesucht, der Blitz tödtete ihn auf der Stelle.... Ein Theil der elektrischen Materie lief längs eines Spazierstockes, den der Mann schräg in der Hand hielt, herab, und machte, wo das Ende des Stockes auf der Erde ruhte, ein $2^1/_2$ Zoll breites und 5 Zoll tiefes Loch in den Erdboden. Ich untersuchte dieses Loch bald darauf, fand aber nichts darin als verbrannte Graswurzeln. Als späterhin zufällig nachgegraben wurde, fand sich der Boden 10 Zoll tief geschwärzt, und eine Wurzel, auf die man hier stieß, war ganz schwarz.... Ungefähr 2 Zoll tiefer erschienen geschmolzene Quarzmassen und setzten fort schräg abwärts bis auf 18 Zoll Tiefe. Die beiliegenden Stücke, welche ich dem Grafen Aylesford verdanke, beweisen hinlänglich, welche außerordentliche Hitze nöthig gewesen ist, um solche Materialien zu schmelzen: Es ist Nr. 1 ein Stück Quarz, dessen eine Ecke vollkommen geschmolzen war, Nr. 2 Quarzsand, frei von Kalkerde, durch die Hitze zusammengebacken; innerhalb des hohlen Theiles dieser Masse ist die Schmelzung so vollkommen gewesen, daß die geschmolzene quarzichte Materie in das Loch heruntergelaufen war und eine beinahe kugelförmige Gestalt angenommen hatte. Nr. 3 kleinere hohle Stücke und eines beinahe platt, aber alle platte haben irgend einen hohlen Theil.

Hagen aus Königsberg fand im Juli 1823, als er am Fuße einer Birke, in welche der Blitz geschlagen hatte, nachgraben ließ, eine verglaste Röhre.

Noch interessanter ist jedoch der von Th. Hoh berichtete Fall. Ein Blitz, welcher am 24. Juni 1867 zu Forchheim in Baiern mancherlei Schaden angerichtet hat, erzeugte eine regelrechte Blitzröhre durch Schmelzung des nach ländlicher Sitte den Zimmerboden bedeckenden Sandes. Von der Wand der Stube war er mit Zertrümmerung eines dort hängenden Spiegels auf die Diele übergesprungen, hatte daselbst eine 2 Fuß lange Strecke zurückgelegt und die Vordermauer durchbrochen. Von diesem rundlichen, etwas ausgezackten, über thalergroßen Loche 2 Fuß weit ins Innere des Zimmers war die Blitzbahn auf dem Stubenboden bezeichnet durch ein röhrenförmiges Concrement mit schwachen Windungen und Biegungen, wechselnd im Durchmesser von 3·7—10·8 Mmtr., elliptischen Querschnittes; unregelmäßige Ausbuchtungen gehen zur Seite ab, doch keine Verzweigungen. Die Färbung ist grauweiß; das Innere durch Schmelzung vollkommen glatt und verglast; das Aeußere rauh von fest daran gefritteten, unter sich zusammengeklebten Sandkörnern. Die Wanddicke überschreitet nicht diejenige dünnen Pappendeckels, doch widersteht das Ganze dem Drucke, außer am Rande, der leicht abbröckelt, mit erheblicher Stärke. Das Material ist aus Feldspatverwitterung entstanden, mit weißem Quarze vermischter Sand nebst secundären Beimengungen. Leider wurde von den Hausbewohnern und Arbeitern das Meiste verschleudert und zerbrochen, theilweise zu einer nicht näher bekannt gewordenen Analyse durch den dortigen Stadtapotheker angeblich verwendet. Die Entstehung dieser Blitzröhre in einer verhältnißmäßig dünnen Sandschicht stellt sich Hoh in der Weise vor, daß in der Funkenbahn zunächst Luftverdünnung entstand, dann wirbelnde oder rotirende Bewegung der umliegenden Sandkörner gegen die Blitzlinie, schließlich Schmelzung, zuletzt Erstarrung der geschmolzenen und durch Dislocation vereinigten Einzelstücke.

Es ist selbstverständlich, daß, nachdem einmal durch Fiedler's gediegene Arbeit die Aufmerksamkeit auf die Fulguriten gelenkt war, die Naturforscher verschiedener Länder nach diesen interessanten Erzeugnissen des Blitzes fahndeten und dabei auch vielfache Erfolge aufzuweisen hatten. Da aber diese weiteren Funde von Fulguriten sachlich nichts wesentlich Neues brachten, können wir von einer ausführlichen Berichterstattung hierüber absehen. Erwähnt möge nur noch werden, daß E. L. Irton, Esqu., zu Irton Hall der erste ist, welcher Blitzröhren im nördlichen England im Jahre 1812 entdeckt hat, sie genau untersuchte und zu demselben Resultate gelangte, wie vor ihm Fiedler und daß ferner Abich auf dem oberen Abhange der Nordwestseite des kleinen Ararat in dem feinkörnigen hornblendereichen Andesit Blitzröhren in so großer Menge gefunden hat, daß hierdurch förmliche Gesteinsmodificationen bedingt sind; Abich schlug daher für diese Gebilde den Namen Fulgurit-Andesit vor.

Die Blitzröhren sind hier so enge aneinander, durchdrängen und durchsetzen sich derart, daß das Gestein einem von Pfahlmuscheln gänzlich zerstörten Holze gleicht.

Eingangs dieses Abschnittes wurde angegeben, daß die intensiven Wärmewirkungen des Blitzes im allgemeinen zweifacher Art sind: es werden entweder Schmelzungen bewirkt, oder der Blitz setzt die getroffenen Objecte in Brand. Die Wirkungen erster Art haben wir eben kennen gelernt; mit den Wirkungen zweiter Art, also mit der Zündung durch Blitzschläge, wollen wir uns nunmehr beschäftigen.

Wenn wir uns der Wärmewirkungen erinnern, die bereits die Entladungsströme unserer Apparate und Maschinen hervorbringen können (S. 66 u. f.), so wird es uns kaum auffällig erscheinen, daß ebensolche Wirkungen auch durch den viel stärkeren Blitzstrahl bewirkt werden. Ein principieller Unterschied in der Wirkungsweise beider wird hierbei in der Mehrzahl der Fälle kaum aufzustellen sein, da der Entladungsfunke oder der Strom einer Maschine explodirbare Körper geradeso zur Explosion bringen, Leuchtgas oder andere brennbare Stoffe ebenso in Brand stecken kann, wie ein mächtiger Blitzstrahl. In Bezug auf diese Wirkung des Blitzstrahles können wir uns daher kurz fassen. Die durch den Blitz hervorgerufenen Brände sind bedeutend zahlreicher, als man häufig anzunehmen gewohnt ist und der durch sie verursachte Schaden zählt in den meisten Ländern alljährlich nach Millionen. Nachstehend mögen einige Beispiele angeführt werden von Bränden, die durch den Blitz verursacht wurden.

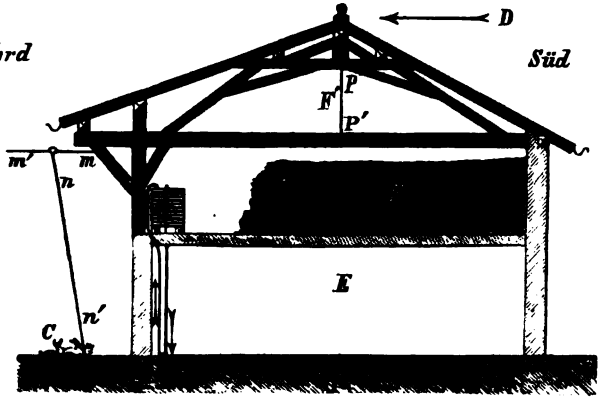
Am 15. August 1883 erfolgten, wie Colladon erzählt, in kurzen Intervallen drei Blitzschläge auf eine Besitzung bei Bourdigny im Canton Genf; der erste traf ein Wirtschaftsgebäude, der zweite eine 80 Mtr. davon entfernte Pappel und der dritte einen noch weiter entfernten Weinberg. Das Gebäude wurde in wenigen Minuten seiner ganzen Länge nach in Brand gesetzt und sammt den darin aufgespeicherten Ernten ein Raub der Flammen. Architekt Sautter, der Eigenthümer des Gebäudes, stellte Colladon einen genauen Aufriß des Gebäudes zur Verfügung; nach diesem ist Figur 209 angefertigt. Man kann hieraus leicht erkennen, auf welche Art die Entzündung des Gebäudes erfolgte und wie dieselbe trotz des Blitzschlages zu vermeiden gewesen wäre.

Der obere Theil des Daches war seiner ganzen Länge nach mit blankem Eisenblech bedeckt; der Dachstuhl war ganz aus Holz hergestellt, mit einziger Ausnahme der vertical verlaufenden Verbindungsstangen p p^1, die aus Schmiedeeisen bestanden. Der obere Raum des Gebäudes war fast bis an diese Stangen heran mit mehreren hundert Centner Heu gefüllt. An der Nordseite dieses

Speichers hatte man einen großen Wasserbehälter aufgestellt, welcher eine hydraulische Maschine Tag und Nacht durch einen Wasserstrahl speiste; dieser Behälter stand mit der Erde durch drei metallische Leitungen in Verbindung. An der Nordseite des Dachstuhles war eine horizontale Eisenstange m m¹ befestigt, auf welcher eine metallene Rolle laufen konnte; an diese war durch den Eisendraht n n¹ ein Wachhund angehängt. Die Leute, welche zu Beginn des Brandes herbeikamen, fanden den Hund vom Blitze erschlagen vor dem Gebäude liegen.

Der Gang des Blitzstrahles und die rasche Ausbreitung des Brandes ist hiernach leicht erklärlich. Der Blitz fiel auf das Eisenblech der Bedachung,

Fig. 209.



Zündung durch den Blitz.

fuhr längs der Eisenstangen p p¹ herab und fand nun hier die Leitung unterbrochen; er schlug daher als Feuerstrahl auf den wenige Meter entfernten Wasserbehälter über, von welchem er durch die Röhren eine gute Ableitung zur Erde fand. Bei seinem Ueberschlagen von der Eisenstange zum Behälter mußte er aber über oder durch das Heu gehen, wodurch dieses in Brand gesetzt wurde; ein kleiner Theilstrahl erreichte jedoch die Eisenstange m m¹ ging durch den Draht n n¹ und tödtete den Hund. Wie leicht einzusehen, wäre der Blitzstrahl ohne zu zünden verlaufen, wenn man den Wasserbehälter mit der zunächst gelegenen verticalen Eisenstange p p¹ durch eine metallische Leitung von hinreichender Stärke in leitende Verbindung gesetzt hätte.

Aus Mährisch-Schönberg wurde vom 4. Juni 1886 berichtet, daß der Blitz im Gebäude der Sparcasse gezündet hat und der Dachstuhl dem Feuer zum Opfer fiel. Ueber Kopreinitz (Croatien) ging am 3. Juni 1886 nach

langer Dürre und Schwüle ein kurzes aber heftiges Gewitter nieder. Der Blitz schlug in ein Schindeldach und durch den gewölbten Plafond eines im Hause befindlichen Cafés und fuhr zwischen zwei Personen, die an einem Tische saßen, aber mit dem bloßen Schrecken davonkamen, in den Boden. Das Dach stand alsbald in Flammen, die aber rasch gelöscht wurden. Nach kaum einer halben Stunde zog ein neues Gewitter auf. Diesmal schlug es zweimal ein, zuerst in ein Weingartenhaus, dessen Strohdach abbrannte, und wenige Minuten später in das Dach eines mit Gästen gefüllten Wirthshauses. Hier fuhr der Blitz durch den Rauchfang, streifte eine am Herde beschäftigte Magd und fuhr schließlich in einen Haufen Späne, auf welchem er ein Bein einer Henne lähmte und 11 ihrer Küchlein tödtete. — Die Hechelei der Flachsspinnerei von Seidl & Comp. in Mährisch-Schönberg wurde bei einem am 27. Juni 1886 Abends niedergegangenen heftigen Gewitter durch den Blitz in Brand gesteckt und ist ein Raub der Flammen geworden.

Einen interessanten Fall von Entzündung von Leuchtgas durch einen Blitzschlag erzählt H. J. Klein. Bei einem starken Gewitter, das sich über Paris entlud, fiel ein Blitz auf ein Haus am Boulevard Montparnasse, wo sein Durchgang zwei Ereignisse derselben Natur gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten veranlaßte, nämlich in einem gegen den Boulevard gelegenen Saale zu ebener Erde und in einem rückwärts gelegenen, durch mehrere Piecen von dem Saale getrennten Hofe. In dem Saale geht an einem Winkel, zwischen der Wand und dem Plafond in der Nähe einer Oeffnung, die zur Aufnahme eines Kaminrohres bestimmt und zur Zeit offen war, eine bleierne Gasröhre. Eine ähnliche Gasröhre ist in einer Höhe von beiläufig 4 Metern über dem Boden horizontal an der Mauer des Hauses fortlaufend im Hofe angebracht, die unmittelbar vor einer starken, für das Regenwasser bestimmten Abfallröhre vorübergeht, ohne diese zu berühren. Letztere endigt etwa 10 Cmtr. über dem Boden. Gegen $8^1/_2$ Uhr Abends wurden die Bewohner des Hauses durch einen blendenden Blitz, von einer starken, einem Schusse aus einer gezogenen Kanone ähnlichen Detonation begleitet, erschreckt und gleichzeitig bemerkte man eine mächtige Gasflamme an der Stelle der Gasröhre des Hofes, wo diese der Abfallröhre gegenübersteht. Es war kein Zweifel, daß die Gasröhre an jener Stelle durch den Blitz verletzt wurde und so dem Gase den Austritt gestattete, das auch sogleich durch den elektrischen Funken in Flammen gesetzt wurde. Während diese Dinge im Hofe stattfanden, kam an der Gasröhre des gegen den Boulevard gelegenen Saales ein zwar ähnliches Ereigniß, aber von geringerem Grade vor. Diese Röhre wurde an der Stelle, wo sie die Kaminöffnung berührt, vom Blitze durchbohrt und das Gas entzündet. An demselben Abende wurde um dieselbe Zeit in einem Hause

der Rue de la Pepinière in einer Mauerecke, wo eine Gasröhre hinter einer Wasserleitung vorübergeht, jene auf eine Länge von 0·2 Mtr. geschmolzen und das Gas entzündet.

In der ersten Juniwoche des Jahres 1886 gingen in der Umgebung von Schrems (Niederösterreich) mehrere Gewitter nieder, welche großen Schaden anrichteten. So schlug unter anderen der Blitz in eine Pulverstampfe des Herrn Ignaz König zu Hoheneich bei Gmünd, welche Feuer fing und mit einer ungeheuren Detonation in die Luft flog, glücklicherweise ohne daß ein Menschenopfer zu beklagen war. Vor einigen Jahren traf dasselbe Unglück den anderen Pulvermüller des Ortes. In Hörmans, Kirchberg am Walde und Raabs wurden am selben Tage mehrere Häuser durch den Blitz in Brand gesteckt, während bei Vilis eine Frau vom Strahle getödtet und in Amalienhof eine andere gelähmt wurde.

Gleichwie der elektrische Funke Pulver und ähnliche leicht entzündliche Körper fast sicher entzündet, wenn er nicht zu stark ist oder die Entladung durch Einschaltung von Widerständen verzögert wird, das Pulver jedoch, ohne zu zünden, auseinanderschleudert, wenn der Entladungsschlag ein sehr heftiger ist, ebenso kommt es zuweilen vor, daß sehr heftige Blitzschläge ohne zu zünden erfolgen; derlei Schläge nennt das Volk kalten Schlag. Hiervon nachstehend drei Beispiele die H. J. Klein gesammelt hat.

Am 5. November 1755 schlug der Blitz in das mit 800 Fässern Pulver belegte Magazin zu Maromme bei Rouen; er zerschmetterte zwei jener Fässer in kleine Stücke und schleuderte den Inhalt umher, ohne jede Spur von Entzündung. — Im Jahre 1761 schlug der Blitz in ein Forsthaus im Walde bei Nienburg an der Weser, während gleichzeitig daselbst auch sieben Eichen getroffen wurden. Die Entladung am Forsthause ging von dem am höchsten Punkte befindlichen Kamine aus und traf unter anderen Objecten, indem dieselbe mehrfach durch Mauern sich erstreckte, eine an eine Mauerwand angelehnte geladene Kugelbüchse. Man fand nachher den Lauf an der Mündung zugeschmolzen, ebenso waren am Schlosse die Metalltheile geschmolzen, das Kugelpflaster abgebrannt, aber die Pulverladung ganz verschont. — Im Jahre 1857 schlug der Blitz in das alte Fort zu Livorno, tödtete den neben einer Kanone stehenden Artilleristen und warf zwei andere betäubt zu Boden. Rings in der Umgebung lagen Pulver, Granaten und Congreve'sche Raketen, doch zündete der Strahl nirgendwo.

3. Magnetische Wirkungen des Blitzes.

Die magnetischen Wirkungen, welche der Blitz auszuüben vermag, sind zweifacher Art: unmagnetische, stählerne oder eiserne Gegenstände aller Art

können kürzer oder länger andauernden Magnetismus erhalten und an bereits magnetischen Körpern kann der Magnetismus ganz oder theilweise zerstört, beziehungsweise die Vertheilung der Pole verändert werden. Beispiele der einen wie auch der anderen Wirkungsart lassen sich in großer Anzahl beibringen; hiervon nachstehend einige.

Im Juni 1731 hatte, wie Arago erzählt, ein Kaufmann in eine Ecke seines Zimmers in Wakefield eine große Kiste gestellt mit Messern, Gabeln und anderen Eisen- und Stahlwaaren, welche nach den Colonien geschickt werden sollten. Der Blitz schlug in dieses Haus gerade in dieser Ecke ein, zerschmetterte den Kasten und streute seinen ganzen Inhalt umher. Die Messer und Gabeln waren alle stark magnetisch geworden, gleichviel ob sie Spuren einer Schmelzung an sich trugen oder völlig unversehrt erschienen. — Infolge des Blitzschlages, welcher im Januar 1748 das Schiff der Dover traf, bemerkte der Capitän Waddel, daß eine große Menge eiserner und stählerner Gegenstände, welche in der Nähe des Compasses gelegen hatten, sich sehr stark magnetisirt zeigten. — Als das Paketboot New-York (S. 600) nach Liverpool kam, fand Scoresby, daß alle Nägel der zerschmetterten Wände und Fächer und das auf das Verdeck niedergefallene Eisenwerk der Masten, daß die Messer und Gabeln, welche zur Zeit der Entladung in der Zwiebackkammer gelegen hatten, daß endlich alle stählernen Spitzen der mathematischen Instrumente eine deutliche magnetische Polarität angenommen haben.

Als Rihouet durch den Blitzschlag, welcher das Schiff Golymin in der Nacht vom 21. zum 22. Februar 1812 traf (vergl. S. 498), verletzt wurde, waren alle Stahltheile einer Repetiruhr, welche nahe bei seinem Kopfe gehangen hatte, magnetisch geworden. Siebenundzwanzig Jahre später war diese durch den Blitz bewirkte Magnetisirung noch vorhanden. — Pfaff berichtete, daß er die Unruhe aus einer Taschenuhr besaß, welche ehemals einem zu Kiel in seinem Kirchenstuhle erschlagenen Prediger zugehörte. Dieselbe zeigte infolge des Blitzschlages deutlich magnetische Polarität. — Zwei Scheren, welche sich in einer Arbeitstasche auf dem Sitze jenes Fahrzeuges befanden, in welchem Boddington vom Blitze getroffen wurde (vergl. S. 530), fanden sich zwei Monate nach dem Unfalle magnetisirt. — Der Magnetisirung eines Mauerankers durch den Blitzschlag in die Nikolaikirche zu Flensburg im Jahre 1879 wurde bereits gedacht (S. 567).

Auch bezüglich der magnetischen Wirkungen auf Bussolen hat Arago eine größere Anzahl von Beispielen gesammelt. Um das Jahr 1675 segelten zwei englische Schiffe gemeinschaftlich von London nach Barbados. Auf der Höhe der Bermuden zerschmetterte der Blitz den Mast des einen Schiffes und zerriß seine Segel; das andere war unbeschädigt geblieben. Der Capitän des

zweiten Schiffes nahm bald darauf wahr, daß das erstere wendete und nach England zurückkehren zu wollen schien; er fragte nach der Ursache dieses plötzlichen Entschlusses und war nicht wenig erstaunt zu hören, daß sein Gefährte seinen ursprünglichen Weg noch immer zu verfolgen meinte. Bei genauer Prüfung des Compasses des vom Blitze getroffenen Schiffes ergab sich, daß die Lilien auf den Windrosen, welche früher, wie üblich, nach Norden wiesen, gerade entgegengesetzt, den Südpunkt anzeigten, so daß also die Pole durch den Blitzschlag vollständig umgekehrt waren. Dieser Zustand erhielt sich unverändert während der ganzen Reise. — Einem Berichte Boyle's zufolge wurde im Monate Juli 1681 das Schiff Albemarl, als es sich ungefähr 50 Meilen vom Vorgebirge Cod befand, vom Blitze getroffen und dadurch an den Masten, Segeln u. s. w. sehr stark beschädigt. Nach Einbruch der Nacht erkannte außerdem jedermann aus der Stellung der Sterne, daß zwei von den drei auf dem Schiffe vorhandenen Compassen, anstatt wie sonst nach Norden zu weisen, nach Süden zeigten, während auf dem dritten der alte Nordpunkt nach Westen gerichtet war.

Arago glaubt, daß die Umkehrungen der Pole an den Compaßnadeln durch den Blitz häufiger entstehen, als man gewöhnlich annimmt. Er sagt, daß er in dem kurzen Zeitraume von 1808—1809 beinahe Zeuge zweier Vorgänge dieser Art gewesen ist. Der erstere ereignete sich auf der französischen Kriegscorvette, der Wallfisch, die er ziemlich beschädigt auf der Rhede von Palma auf Majorca ankommen sah; der zweite auf einem genuesischen Schiffe, das an der Küste in einiger Entfernung von Algier in einem Augenblicke scheiterte, wo der Capitän, irregeleitet durch die anormale Stellung, welche der Blitzschlag den Compassen gegeben hatte, nach Norden zu steuern glaubte.

Der schon mehrfach erwähnte Blitzschlag, welcher 1827 den New-York traf, bewirkte eine beträchtliche Verringerung und selbst gänzliche Aufhebung der magnetischen Kraft bei den vier Nadeln, mit welchen das Schiff versehen war. — Nach einem Berichte in Sillimann's Journal (1827) vernichtete ein Blitzschlag den Magnetismus der vier Compasse am Bord der Brigg Medusa während ihrer Fahrt von La Guayra nach Liverpool. Von diesen vier Instrumenten befanden sich zwei auf dem Verdeck und zwei in der Cajüte des Capitäns.

In dem nachfolgenden Abschnitte werden wir erfahren, welch' mannigfache Störungen die Gewitter in dem Betriebe unserer Telegraphen- und Telephonlinien zu verursachen vermögen; es ist daher auch nicht zu verwundern, daß der Blitz bei den zahlreichen hierbei in Anwendung stehenden Bussolen magnetische Wirkungen hervorbringt. Und in der That, wenn man die umfangreichen Berichte, z. B. über die Gewitterbeobachtungen im deutschen

Reichstelegraphengebiete, durchsieht, gelangt man zu folgendem bemerkenswerten Resultate:

Es wurde die Magnetnadel entmagnetisirt von

102 Galvanoskopen im Jahre 1882,

75	unter	9028	im	Betriebe	befindlichen	Galvanoskopen	im	Jahre	1883
106	»	9326	»	»	»	»	»	»	1884
52	»	9662	»	»	»	»	»	»	1885
58	»	11294	»	»	»	»	»	»	1886

III.

Blitz und Gewitterwirkungen auf specielle Bauobjecte.

Im vorstehenden Abschnitte haben wir die Wirkungen des Blitzschlages auf die unorganischen Körper in kurzen Zügen zu charakterisiren versucht und könnten nunmehr zur Besprechung der Wirkungen auf die organische Welt übergehen. Es mußte aber schon bei den Schilderungen der erstgenannten Wirkungen auffallen, daß es nicht immer nur das todte Material als solches ist, welches die Wirkung des Blitzschlages bestimmt, sondern daß diese vielmehr auch von der Masse, Form und Lage dieses Materials abhängt. Die Art der Gebäude, ihre Größe und ihre Lage, sowohl in Bezug auf andere Gebäude, als auch auf die Bodenbeschaffenheit, die Krönung mit Metallspitzen oder Zierathen verschiedener Art, das Ausströmen von Rauch und heißer Luft aus ihrem Innern, die Lage und Masse der metallischen Bestandtheile, dies alles trägt oft wesentlich dazu bei, die Art der Blitzwirkung zu bestimmen. Diesbezüglich von höchster Bedeutung sind aber die in unserer Zeit immer größere Ausdehnung gewinnenden ober- und unterirdischen metallischen Leitungen aller Art, als da sind: Eisenbahnen, Telegraphen- und Telephonleitungen, Draht- oder Drahtseilzüge, Gas- und Wasserleitungen u. s. w. Und daher mögen diese Verhältnisse noch eine nähere Beleuchtung erfahren, bevor wir unsere Aufmerksamkeit den Blitzwirkungen auf die organische Welt zuwenden.

1. Blitzwirkungen auf Gebäude und Schiffe.

Von Bauten auf dem Festlande, welche besonders den Wirkungen des Blitzschlages ausgesetzt sind, haben wir vorzugsweise Kirchen, Schornsteine im

allgemeinen und besonders Fabriksschornsteine, Windmühlen und mit Rücksicht auf die ganz ungewöhnliche Gefährlichkeit Pulvermühlen und Pulvermagazine zu nennen.

Daß Kirchen, beziehungsweise deren hoch in die Luft ragende Thürme besonders häufig den Blitzschlägen ausgesetzt sind, wurde bereits weiter oben (S. 560) gezeigt, wo sich uns auch als Hauptursache dieser Erscheinung eben der Umstand herausstellte, daß die Kirchthürme in der Regel in einem größeren Umkreise das am höchsten in die Luft ragende Object darstellen. Aber ist dies auch ohne Zweifel der Hauptgrund, so bieten Kirchen doch auch noch anderweitige Anziehungspunkte dar. Als solche haben wir in erster Linie die hoch in der Luft schwebenden Glocken, ferner die Thurmuhr (vergl. S. 565) und endlich die Orgeln zu betrachten. Hierbei wirkt die Thurmuhr weniger durch ihre Metallmasse, als vielmehr dadurch, daß die von ihr ausgehenden Zug- oder Schiebstangen oder Drahtseile, welche die Zeiger zu bewegen, den Glockenhammer zu heben, eventuell die Gewichte zu tragen haben, metallisch leitende Verbindungen zwischen verschiedenen Theilen des Thurmes herstellen; sie werden darin auch unterstützt durch die bei größeren Thürmen zahlreichen eisernen Anker, Klammern und Stangen, welche den Zusammenhang der einzelnen Theile zu sichern haben.

Die Schornsteine sind schon aus dem Grunde den Wirkungen des Blitzschlages besonders ausgesetzt, weil sie sowohl auf den Häusern gewöhnlich die höchsten Punkte darstellen, als auch bei Fabriken letztere gewöhnlich vielfach überragen. Doch wirken hier auch noch andere Ursachen mit (vergl. S. 573) Die Schornsteine selbst bestehen zuweilen aus Eisen oder sind durch Eisenrohre verlängert oder tragen als oberste Theile Aufsätze aus Eisen. — Im Jahre 1862 wäre Professor Jacqemin in Straßburg beinahe ein Opfer des Blitzes geworden, der, durch das verlängerte Kaminrohr am Ofen seines Laboratoriums angelockt, hier einbrach und bedeutende Zerstörungen anrichtete. In die Schornsteine der Wohnhäuser münden nicht selten zahlreiche Metallröhren ein, die ihrerseits wieder mit einem Ofen in Verbindung stehen. Bei Fabrikessen reichen zuweilen Zugstangen oder Drähte bis nahe an den Boden herab, welche zum Oeffnen oder Schließen des Gichtdeckels dienen und am Fuße dieser Schornsteine oder in geringer Entfernung von ihnen befinden sich oft die bedeutenden Metallmassen, welche die Kessel und ihre Feuerungen bilden. Der sonstigen Metallbestandtheile, welche in die Construction selbst eintretend, Blitzschläge begünstigen, wurde bereits weiter oben gedacht.

Außerdem hat sich auch der Ruß, welcher die Innenwände der Schornsteine auskleidet, als ein sehr guter Leiter der Elektricität gezeigt und überdies wirkt auch noch die mehr oder minder hoch in die Luft aufsteigende Rauch-

säule anziehend auf den Blitz. Der Blitzstrahl, welcher am 15. Juni 1883 den Pfründner in der Klosterküche von St. Lambrecht traf, kam durch den Schornstein herab (S. 411); der Kugelblitz, welcher im Jahre 1744 in eine Bauernbehausung eindrang und dann eine Scheune in Brand setzte, war durch den Schornstein herabgekommen (S. 422); auf demselben Wege kam auch jener Kugelblitz in die Schneiderwerkstätte, über welchen Babinet Bericht erstattet hat (S. 427); der Blitzschlag in Amiens im Jahre 1884 wählte unter den sieben beobachteten Einschlagstellen zweimal den Weg durch den Kamin (S. 442, 3. und 443, 5.) u. s. w.

Windmühlen sind hauptsächlich aus zwei Ursachen den Blitzwirkungen in höherem Grade ausgesetzt, als andere Gebäude; die Windmühlen werden, wie dies ja in der Natur der Sache liegt, mit Vorliebe entfernt von Gebäuden und Wäldern, überhaupt in möglichst freier Umgebung und wo thunlich, auf höher gelegenen Punkten erbaut. Ihre Form selbst nähert sich jener der Thürme und ragt daher gleich diesen verhältnißmäßig hoch in die Luft. Andererseits treten in die Construction der Windmühlen Eisenmassen in beträchtlicher Masse und vielfach auch in langgestreckten, von oben nach unten verlaufenden Formen ein. Es sind dies namentlich eiserne Ketten und Zugstangen, wie solche z. B. zum Stellen der Windklappen oder zur Handhabung des Hemmschuhes an der Welle dienen (vergl. auch S. 566).

Vergleicht man die Gebäudearten unter einander und zwar zunächst die ländlichen Gebäude mit den städtischen, so ergibt sich nach W. Holtz für erstere eine doppelt so große Bedrohung als für die letzteren. Vergleicht man gewöhnliche Gebäude mit Kirchen, so ergibt sich das beiläufige Verhältniß von 1 zu 22; als Verhältniß für den Vergleich gewöhnlicher Gebäude mit Windmühlen stellt sich 1 zu 25 heraus. Hiernach wären also die Windmühlen den Wirkungen des Blitzes noch mehr ausgesetzt als die Kirchen; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die Windmühlen deshalb gefährdeter erscheinen als die Kirchen, weil letztere viel häufiger mit Blitzableitern versehen werden als erstere.

Bei Gebäuden jeder Art wird sowohl die Häufigkeit der Blitzschläge, als auch deren Wirkungsart noch durch eine Reihe von Umständen bestimmt, die alle aufzuzählen kaum möglich erscheint; einige der wichtigsten mögen nachstehend noch kurze Erwähnung finden.

Was zunächst die Bedachung betrifft, handelt es sich sowohl darum, ob sie den Blitz zu leiten vermag oder nicht, als auch darum, ob sie brennbar ist oder nicht. Am leichtesten zündet der Blitz Bedachungen aus Stroh und Rohr, seltener solche aus Holzschindeln, gar nicht Metall-, Stein- oder Schieferbedachung; W. Holtz rechnet auch Dachpappe zu den unzündbaren

Dächern, vorausgesetzt, daß sie nicht eben erst mit Theer bestrichen worden ist. Elektrisch wirkt ein Metalldach des Stoffes halber am stärksten, aber schwächer doch wieder insoferne, als es durchschnittlich flacher angelegt ist. Verglichen mit den übrigen Dächern, ist die Stroh- und Rohrbedachung den Blitzwirkungen am meisten ausgesetzt, einerseits weil letztere Bedachungen meistens steiler angelegt werden und weil sie andererseits auch infolge des tieferen Eindringens des Regens gewöhnlich zu besseren Leitern werden, als die erstgenannten Bedachungen.

Nicht ohne Einfluß bleiben ferner die Wetterfahnen und überhaupt alle Verzierungen des Daches, soferne sie metallischer Natur sind, zuweilen sogar hölzerne Spitzen; sie werden namentlich dann bedenklich, wenn sie isolirt auf brennbaren Bedachungen stehen. In dieser Richtung wirken auch Drähte verhängnißvoll, welche man zum Befestigen der Stroh- und Rohrbedachungen anwendet. Diese bilden dann ein ganzes Drahtnetz, welches aus dünnen Drähten besteht und an vielen Stellen unterbrochen ist; dies kann zur gleichzeitigen Zündung an vielen Stellen des Daches durch einen einzigen Blitzschlag führen. In welcher Art die Regenrinnen den Verlauf eines Blitzschlages beeinflussen, haben wir bereits an einem sehr lehrreichen Beispiele (S. 582) kennen gelernt; auch wurden wir durch dieses mit der Wirkungsweise unterirdischer Röhrenleitungen bekannt gemacht. Diese sollen uns übrigens weiter unten noch beschäftigen. An dieser Stelle wollen wir nur noch auf die Pumpen und namentlich jene Pumpen, die innerhalb der Gebäude liegen, aufmerksam machen. Ihre Einflußnahme auf den Blitzschlag beruht einfach darauf, daß sie direct oder indirect mit dem Grundwasser in Verbindung stehen; sie können aber um so gefährlicher werden, als sie häufig innerhalb der ländlichen niedrigen Gebäude stehen, die noch überdies sehr oft eine zündbare Bedachung besitzen.

Außer jenen Wirkungen, welche ein Blitzschlag auf Objecte des Festlandes auszuüben vermag, spielen auf Schiffen auch noch die magnetischen Wirkungen eine hervorragende Rolle. Es wurde bereits erwähnt und durch einige Beispiele (S. 616) erläutert, daß hierdurch die Bussolen häufig unbrauchbar gemacht werden, was zu einer falschen Steuerung des Schiffes führen kann. Die magnetischen Wirkungen eines Blitzschlages können aber auch auf andere Art die Verläßlichkeit der Bussolen stören. So hat es sich z. B. wiederholt ereignet, daß der Blitz die auf jedem Schiffe in bedeutender Menge vorhandenen Stahlmassen magnetisirt und dadurch kräftige Anziehungspunkte für die Magnetnadeln geschaffen hat; die Nadeln zeigen dann, ohne selbst vom Blitzschlage betroffen zu sein, falsch. Derartige falsche Anzeigen der Nadeln wirken aber um so nachtheiliger, als der Schiffer auf hoher See der Mittel entbehrt, um

das Vorhandensein solcher Anziehungspunkte zu erkennen oder deren ablenkende Kraft zu bestimmen.

In »La lumière électrique« vom Jahre 1884 findet sich folgender Bericht: Creak, Capitän der königlichen Marine, hat einige interessante Wirkungen eines Blitzschlages beobachtet, welcher das der »Pacific Steam Navigation Co.« gehörige Schiff »Columbia« getroffen hat. Der Blitzstrahl folgte dem eisernen Blitzableiter am Vormaste und verursachte daselbst einige Zerstörungen. Die Steuercajüte befindet sich unmittelbar am Fuße des Vormastes und auf der darüber befindlichen Brücke, ungefähr 8 Fuß vom Vormaste entfernt, ist die Bussole aufgestellt. Die Zahnräder, Ketten, die verschiedenen Träger und die Bremse sind alle aus Eisen. Zwei Bussolen befinden sich im vorderen Theile der Cajüte, ungefähr 4 Fuß von jeder Seite des Rades entfernt. An den Wänden hängen Säbel und Flinten. Nach dem Blitzschlage änderten die Nadeln ihre Angaben und zeigten falsch. Man hat später gefunden, daß es ganz unthunlich ist, ihren Anzeigen zu vertrauen, denn sie zeigten bis zu 5 Punkten Abweichung. Das Rad und die Verzahnung, die Säbel und Flinten waren alle in kräftige Magnete verwandelt worden. Drei Monate später ließ Capitän Creak das Schiff manövriren, um den Versuch zu machen, den Fehler zu corrigiren. Die ganze Verzahnung des Rades war, um den Magnetismus zu zerstören, im Feuer erhitzt worden; die Träger behielten aber trotzdem, wenn auch in schwächerem Grade, ihren Magnetismus. Man beschloß daher, sie durch andere zu ersetzen — und das wurde auch ausgeführt. Vier Monate nach dem Ereignisse waren die Säbel noch stark magnetisch, während die Flinten nur mehr schwachen Magnetismus zeigten. Von den Transversalbalken des Schiffes zeigte keiner eine Einwirkung, aber mehrere Bolzen in der Seitenwand des Schiffes waren deutlich magnetisirt worden.

Das Kriegsschiff »Bismarck« wurde, wie in der Zeitschrift »La lumière électrique« (v. J. 1888) erzählt wird, auf seiner letzten Ueberfahrt zwischen Afrika und Australien plötzlich von einem heftigen Gewitter überfallen, in dessen Verlaufe der Blitz in unmittelbarer Nähe des Schiffes in das Meer schlug. Von diesem Augenblicke an zeigten die Bussolen am Steuerruder eine Abweichung nach rechts und oscillirten so stark, daß man sie zur Steuerung des Schiffes nicht mehr verwenden konnte. Man entfernte die Magnetnadeln und ersetzte sie durch Reservenadeln, um sich zu überzeugen, ob vielleicht der Magnetismus der ersteren eine Veränderung erlitten habe. Als sich aber die Reservenadel ebenso verhielt als die anderen Nadeln, erkannte man, daß die Störung anderweitig zu suchen sei.

Die beiden Bussolen am Steuer wurden weiter beobachtet und da constatirte man schließlich, daß die Schwankungen der Nadeln mit der Be-

wegung des Steuerruders zusammenhängen; dies veranlaßte eine Prüfung der Drahtseile des Steuerruders, die zu dem Resultate führte, daß diese so starken Magnetismus angenommen hatten, um sogar noch auf 2 Meter Entfernung die Magnetnadeln zu beeinflussen. Man versuchte nun die Aufstellung von Bussolen in größerer Entfernung vom Steuerrade, aber auch dann machte sich der störende Einfluß des magnetischen Kabels geltend; die Störungen verschwanden erst, als dieses Drahtseil durch ein neues ersetzt wurde.

Auf den anderen Schiffen der Escadre, von welchen mehrere nahe dem Bismarck sich befanden, wurden keinerlei Störungen beobachtet.

Der Seemann hat jedoch noch eine weitere Art der Störung durch die magnetisirende Kraft des Blitzes zu befürchten. Magnetisirt nämlich ein Blitzschlag die verschiedenen Stahltheile im Innern eines Chronometers, vorzüglich die Unruhen (vergl. S. 616), so tritt eine neue Kraft, der Erdmagnetismus, zu den Kräften der Federn, welche bis dahin den Gang dieser bewunderungswürdigen, aber sehr empfindlichen Maschinen regulirten, hinzu. Diese neue Kraft veranlaßt bisweilen ein merkliches Voreilen oder Zurückbleiben der Uhr, woraus nach einer gewissen Anzahl von Tagen bei der Bestimmung der geographischen Länge sehr gefährliche Irrthümer hervorgehen. So waren, wie Arago erzählt, z. B. die Chronometer des Paketbootes, der New-York, bei der Ankunft in Liverpool um 33 Minuten 58 Secunden gegen die Zeit vorausgeeilt, welche sie gezeigt haben würden, wofern nicht der Blitz das Schiff getroffen hätte.

2. Blitz- und Gewitterwirkungen auf metallische Leitungen.

In früheren Abschnitten wurde gesagt, in welcher Weise der Blitz auf Metalle wirkt, beziehungsweise wie sich letztere gegen den Blitz und die atmosphärische Elektricität überhaupt verhalten. Wir haben gesehen, daß nächst dem Grundwasser Metallmassen einen Hauptanziehungspunkt für den Blitz bilden, daß aber andererseits Metalle am wenigsten von dieser Naturerscheinung zu leiden haben, vorausgesetzt, daß sie in ausreichender Weise die elektrische Entladung zu leiten vermögen. Bei der wichtigen Rolle, welche also die Metalle in Bezug auf Gewittererscheinungen spielen, drängt sich unwillkürlich die Frage auf, welche Wirkungen die Gewitterelektricität auf unsere mannigfachen, immer weiter sich ausbreitenden und verzweigenden metallischen Leitungsnetze ausübt, eine Frage, deren hervorragende praktische Bedeutung außer ihrem wissenschaftlichen Interesse wohl nicht erst begründet zu werden braucht. Man erinnere sich nur an die imposanten Zahlen, welche in den statistischen Aus-

weisen über Gesammtlängen der Eisenbahnen, der Telegraphen- und Telephonleitungen zu finden sind und schlage hierzu noch jene der Röhrenleitungen aller Art, der mehr und mehr sich ausbreitenden Leitungen für elektrisches Licht, jene der Drahtzüge aller Art, wie z. B. bei Eisenbahnen zum Stellen der Signale, der Barrièren u. s. w. und man wird begreifen, daß einerseits diese ausgedehnten und weitverzweigten Objecte nicht ohne Einfluß auf die Entladungen der atmosphärischen Elektricität bleiben können und daß wir andererseits hohes Interesse daran haben müssen, die Art der Wirkungen des Blitzes auf diese Objecte genau kennen zu lernen und festzustellen, weil nur eine derartige genaue Kenntniß uns das Eingreifen zweckmäßiger und ausreichender Schutzmaßregeln ermöglichen kann. Die Wirkungen der atmosphärischen Elektricität auf metallische Leitungen, und daher auch die zu ihrem Schutze zu ergreifenden Maßregeln werden aber offenbar nicht immer dieselben sein, denn es ist einleuchtend, daß es z. B. nicht gleichgiltig sein kann, ob eine derartige Leitung hoch in der Luft, in der Erde oder gar am Meeresgrunde verläuft; auch ist es nicht einerlei, ob es eine Draht- oder ob es eine Röhrenleitung ist. Doch wenden wir zunächst unsere Aufmerksamkeit den oberirdischen Drahtleitungen zu, deren Hauptrepräsentanten die Telegraphen- und Telephonleitungen sind.

Die Drahtleitungen mit den Tragpfählen bilden, sagt Steinheil sehr treffend, Blitzableiter von kolossalen Dimensionen und von vorzüglicher Wirksamkeit, weil dieses System in einer gewissen Höhe über der Erdoberfläche sich auf weiten Strecken, fern von anderen hervorragenden Körpern, ausbreitet und durch seine metallische Verbindung mit der feuchten Erde unter dem Einflusse irgend einer in der Nähe der Leitung befindlichen elektrischen Wolke sich sehr leicht mit der entgegengesetzten Elektricität bis zur höchsten Spannung laden kann. In diesem Zustande sind, wenn die Gewitterwolke tief genug hängt, alle Bedingungen zu einer Entladung gegen den Telegraphendraht hin vorhanden.

Diese mit Rücksicht auf die Telegraphenleitungen ausgesprochene Ansicht gilt im allgemeinen auch für die Telephonleitungen; sie gewinnt aber für diese dann eine erhöhte Bedeutung, wenn die Telegraphenleitungen, wie dies in einer größeren Anzahl von Städten geschehen ist, über die Dächer der Häuser geführt werden. In dieser bedeutenden Höhe sind sie dann den Wirkungen der Gewitterelektricität jeder Art in bedeutend gesteigertem Maße ausgesetzt und wirken andererseits als ganz unübertreffliche Blitzschutzvorrichtungen für die betreffenden Gebäude, vorausgesetzt, daß die Leitungen sachgemäß angelegt sind und bei Aufstellung der eisernen Träger auf den Dächern auch für entsprechende Aufstellung und Ableitung derselben gesorgt wurde.*)

*) Hiermit soll aber einer Führung der Telephonleitungen über die Dächer keineswegs das Wort geredet werden. Es ist zwar heute bereits durch praktische Erfah-

Es ist jedoch unschwer einzusehen, daß hierbei die Drahtleitungen die ihnen aufgezwungene Rolle von Blitzableitern auf ihre eigene Gefahr hin spielen müssen. Wie in jedem anderen Leiter, so wird der Blitz auch in den Drahtleitungen überall dort Zerstörungen anrichten, wo seinem Durchgange ein zu großer Widerstand entgegengesetzt wird. Die hierdurch bewirkten Gefahren und Beschädigungen gewinnen aber durch den Umstand noch wesentlich an Bedeutung, daß die Telegraphendrähte Strecken von vielen Meilen Länge durchlaufen und durch diesen Umstand die angedeuteten Gefahren an Orten herbeiführen können, die vielleicht weit von einander oder von jenem Orte entfernt sind, an welchem ein Gewitter stattfindet. So pflanzte sich am 17. August 1847 die Wirkung eines zu Olmütz losgebrochenen Gewitters bis nach Triebitz, zehn Meilen weit fort, und ein aus letzterem Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter erhielt einen so starken Schlag, daß er einige Schritte zurücktaumelte; an den Fingern, welche mit dem Drahte in Berührung gewesen waren, verspürte er einen Schmerz, wie beim Angreifen sehr heißer Gegenstände. — Am 19. Juli 1847 schlug der Blitz bei Bruck (a. d. Mur) in die Telegraphenleitung, beschädigte in einer Entfernung von drei Meilen bei Marein 20 Telegraphenstangen und schmolz die Spitze eines auf einer der letzteren angebrachten Blitzableiters; die elektrische Entladung hat sich also in sehr ansehnlicher Stärke bis auf drei Meilen durch den Draht fortgepflanzt.

Diese mannigfachen Gefährdungen durch den Blitz würden den gegenwärtigen kolossalen Telegraphen- und Telephonverkehr ganz unmöglich machen, wenn man nicht, wie in einem folgenden Abschnitte gezeigt werden soll, durch entsprechende Blitzschutzvorrichtungen den angedeuteten Gefahren zu begegnen gesucht hätte. Daß trotzdem alljährlich bedeutende Schäden zu verzeichnen sind, zeigen die namentlich in neuerer Zeit von vielen Staaten mit großer Sorgfalt gesammelten statistischen Ausweise. (Auch hierauf wollen wir in einem späteren Abschnitte nochmals zurückkommen.)

Wir haben bisher nur vom Einschlagen des Blitzes in eine Drahtleitung gesprochen, ohne näher anzuzeigen, in welcher Weise ein Blitzschlag gegen eine solche zustande kommt und ohne darauf Rücksicht zu nehmen, daß die atmosphärische, beziehungsweise Gewitterelektricität auch auf andere Art zur Wirksamkeit gelangen und auf derartige Drahtleitungen schädigend wirken kann als durch

rungen als unleugbare Thatsache bewiesen, daß diese Schutzwirkung stattfindet, hiermit also nebenbei und ohne besondere Kosten ein gewisser Vortheil erreicht wird; doch läßt sich darüber streiten, ob dieser nicht durch Nachtheile verschiedener Art, die hiermit verbunden sind, aufgewogen wird. Hierauf an dieser Stelle näher einzugehen, liegt wohl kein Anlaß vor und daher genügt auch diese Andeutung, um ein Mißverständniß zu vermeiden.

den directen Schlag; wir wollen daher zunächst diese Umstände näher ins Auge fassen.

Die Gewitterwolke kann also fürs erste in der Weise wirken, daß sie durch Influenz eine sehr hohe Spannung auf den Drähten und der mit ihnen in vielfacher Verbindung stehenden Erde hervorruft. Schwebt dann die Gewitterwolke tief genug oder wird sie von den entgegengesetzt elektrischen Drahtleitungen, beziehungsweise von der Erde herabgezogen, so werden sich schließlich beide Elektricitäten bei hinreichender Spannung unter Durchbrechung der zwischenliegenden Luftschichte vereinigen, d. h. es erfolgt ein Blitzschlag zwischen den Wolken und den Drahtleitungen. Von der Stärke der Entladung und von der Leitungsfähigkeit der Drähte wird es dann abhängen, ob und welcher Schaden entsteht. Die Drähte können hierbei zerrissen, geschmolzen oder zerstäubt werden, dasselbe kann mit den Isolatoren geschehen, die Elektricität kann durch die vom Regen durchnäßten Holzpfähle theilweise oder ganz zur Erde abfließen und dabei erstere zertrümmern; sie kann aber auch, ohne die Leitungen wesentlich zu beschädigen, auf diesen weite Strecken zurücklegen und in die Telegraphenstationen eindringen; je nach der Stärke der Entladung können dann daselbst größere oder geringere Verwüstungen angerichtet werden. Einzelne Beispiele solcher Blitzschäden wurden bereits weiter oben (S. 429, 437, 439, 450, 561) erzählt, einige mögen noch nachstehend Erwähnung finden und nähere statistische Angaben werden in dem Capitel Blitzgefahr und Blitzschutzvorrichtungen nachgetragen werden.

Anfangs Juni 1885 kam in Belgien in der Provinz d'Anvers ein heftiges Gewitter zum Ausbruche; hierbei fiel der Blitz auf acht Telegraphensäulen einer kleinen Seitenlinie und verzehrte dieselben vollständig. Dieses Ereigniß trat spät Abends ein und die Apparate der beiden Endstationen waren an die Erde gelegt; an ihnen machte sich die Rückwirkung dieses Blitzschlages so wenig geltend, daß die in unmittelbarer Nähe befindlichen, bei den Apparaten bediensteten Personen gar nichts bemerkten und sehr erstaunt waren, als sie am nächsten Morgen den Unfall erzählen hörten. Daß die Entladung sich in den Endstationen gar nicht geltend machte, ist offenbar nur dem Umstande zu verdanken, daß eine gute Verbindung mit der Erde hergestellt war. So wurde z. B. die Batterie einer elektrischen Klingel vollkommen zerstört durch einen Blitzschlag, der den Draht derselben traf, während die Linie mit Hammerschlag im Schotter der Eisenbahn verbunden war. Zwei Wochen nach dem eben erwähnten Blitzschlage schlug während eines abermaligen Gewitters der Blitz auf der Telegraphenlinie Gent-Brügge ein und zerstörte mehrere Telegraphensäulen, darunter eine, welche man vor zwei Jahren neu errichtet hatte, weil die vorige, vermuthlich durch einen Blitzschlag, unbrauchbar geworden war.

Die elektrische Entladung ging durch die Apparate der benachbarten Station, zerstörte den Commutator und schmolz, merkwürdig genug, mehrere Platten, welche mit Drähten in Verbindung waren, die nach einer Richtung liefen, entgegengesetzt jener, aus welcher der Entladungsschlag erfolgt war. Sämmtliche in dieser Station anlangenden Drähte waren zu einem einzigen Kabel vereinigt, welches vor dem Gebäude in einer Länge von 6 Metern lief. Es kann in diesem Falle nicht angenommen werden, daß der Strom die Drähte, durch welche er ursprünglich floß, plötzlich verlassen hat, um die Isolirung durchschlagend, durch Vermittlung eines anderen Drahtes die Erde zu gewinnen. Die einzig annehmbare Erklärung ist die, der Entladungsstrom habe, durch den einen Draht verlaufend, im benachbarten einen so kräftigen Inductionsstrom hervorgerufen, daß dieser die zu dem benachbarten Drahte gehörigen Kupferplatten schmelzen konnte.

Bedford Elwell, dessen Haus in Wolverhampton mit Drahtleitungen für Telephonverkehr und für elektrisches Licht versehen ist, erzählt einen Unfall, welcher deutlich zeigt, wie gefährlich es werden kann, wenn derartige in Häusern befindliche Leitungen nicht mit der Erde in entsprechender Verbindung stehen. Hier der Bericht: Während eines Gewitters (im Jahre 1885) ertönte die Klingel des Telephons bei jedem Blitzschlage, und eine elektrische Lampe (nach Swan für 48 Volts), welche im Speisezimmer brannte, erlosch plötzlich mit einem heftigen Knalle, gleich einem Flintenschusse. Man fand den Kohlenbügel der Lampe auf dem Boden des Glases und ebendort geschmolzenes Platin, herrührend von den beiden Elektroden. Die Glaskugel war mit verdampftem Platin überzogen und zeigte einen Metallspiegel. Die Leitungen für die elektrische Beleuchtung hatten nicht gelitten, während die Telegraphendrähte geschmolzen waren. Elwell glaubt, der Blitz habe versucht, die Erde zu erreichen, indem er der Leitung für die Beleuchtung folgte und hierauf einem Drahte, der die verschiedenen Telephonstationen mit einer im Zimmer des Hauses verband. Das Telephonsystem war mit dem Blitzableiter in Verbindung und seit dieser Zeit hat es eine eigene Verbindung mit der Erde erhalten.

P. Brand schrieb am 16. Mai 1885 aus Temesvár, wo bekanntlich eine elektrische Straßenbeleuchtung functionirt, wie folgt: »Gestern den 15. Abends entlud sich ein starkes Gewitter über unsere Stadt, von Regen, Hagel, Blitz und Donner begleitet, welches eben bei Beginn der Beleuchtung gegen 9 Uhr Abends ganz außergewöhnlich groß war. Schon dachte ich, die Glühlämpchen beobachtend, daß unsere elektrische Beleuchtung bezüglich atmosphärischer Elektricität die Probe bestanden hätte, als plötzlich wieder eine Entladung erfolgte und ein mächtiger Blitzstrahl das Firmament durchzuckend beleuchtete.

Einige Secunden später erst erlöschten die Lampen allmählich; da das Erlöschen nicht plötzlich und gleichzeitig mit dem Blitzstrahle erfolgte, konnte ich unmöglich glauben, daß die Ursache dieser Störung atmosphärische Elektricität sei und wurde in diesem Glauben bestärkt, denn nach einiger Zeit glühten die Lampen schon wieder; doch nach kurzer Pause erfolgte abermals eine Entladung und fast gleichzeitig hatten wir auch Finsterniß. Jetzt war ich überzeugt von der Ursache der Störung, begab mich in die Centrale und erfuhr, daß nach jedem dieser Blitzschläge ein plötzliches Ueberschlagen an den Bürsten zweier Dynamos mit starken Funken erfolgte, und die im Maschinenraume zu den betreffenden Stromkreisen und Dynamos gehörigen Lampen beiläufig mit 50 Kerzenstärke glühten. Es wurde die Dampfmaschine zum Stehen gebracht und die Isolationsverhältnisse der Leitung gemessen, trotz des starken Regenusses war die Isolirung hinreichend, um mit der Beleuchtung wieder beginnen zu können; es ging dann alles flott, umsomehr, da auch das Gewitter nachließ.

Ich halte das Ganze für einen directen Blitzschlag in die Leitungen zweier Stromkreise; die Elektricität nahm ihren Weg zu den Dynamos, wo der Ausgleich stattgefunden hat. Herr Cottam, der Ingenieur der Beleuchtungsanlage, behauptet, es wäre infolge des starken Regens ein kurzer Schluß entstanden, vielleicht zwischen Lichtleitung und den Bäumen; wohl möglich, aber sonderbar wäre es, eben im Augenblicke, wo es mächtig blitzte. Es läßt sich die Sache nicht so recht erklären, und wir können noch öfter Aehnliches erleben.«

Sehr gefährliche elektrische Entladungen können aber auch durch den Rückschlag (S. 51 u. 349) in den Leitungsdrähten hervorgerufen werden. Bevor nämlich der Blitzschlag zwischen der Wolke und irgend einem Objecte auf der Erdoberfläche stattfindet, wirkt die hochgespannte Elektricität vertheilend auf die Leitungen und trennt daselbst beide Elektricitäten von einander. Erfolgt hierauf der Blitzschlag, so vereinigen sich auch die beiden von einander getrennten Elektricitäten und der Ausgleich erfolgt innerhalb der Leitungen. Die Folgen eines solchen Rückschlages, der wegen der großen Ausdehnung und der Verbindungen der Leitungen mit der Erde sehr leicht eintreten kann, werden dieselben sein, wie die eines directen Blitzschlages.

Eine Störung des elektrischen Gleichgewichtszustandes kann aber auch dadurch hervorgerufen werden, daß eine Gewitterwolke quer über die Leitungen hinwegzieht. Infolge der von der Wolke ausgeübten Influenzwirkung wird die ungleichnamige Elektricität in den Drähten von der Elektricität der Wolke angezogen und festgehalten, während die gleichnamige durch die Leitung zur Erde abfließt. Entfernt sich dann die Wolke von den Leitungen, so hört die Anziehungswirkung auf und nun fließt die ungleichnamige Elektricität durch

die Drähte zur Erde ab. In dieser Weise werden also zwei aufeinander folgende, entgegengesetzt gerichtete Ströme in der Leitung auftreten.

Elektrische Ströme können aber selbst dann, wie Baumgartner nachgewiesen hat, auftreten, wenn gar keine Gewitterwolke auf die Leitungen einwirkt. Es genügen hierzu verschiedene elektrische Zustände in der Atmosphäre zweier weit von einander entfernter Punkte der Leitungen. Elektrische Störungen, auf diese Art bewirkt, treten namentlich dann leicht ein, wenn die Leitungen nicht horizontal verlaufen, sondern Berg und Thal verbinden, da ja bekanntlich der elektrische Zustand der Atmosphäre sich mit der Höhe ändert. Auch hierdurch erregte Störungen können hinreichende Stärke erhalten, um den Betrieb der Leitung zu stören.

Daß an den Schienensträngen unserer Eisenbahnen seltener Erscheinungen elektrischer Natur beobachtet werden, trotz ihrer weit größeren Metallmasse, findet wohl darin seine Erklärung, daß einerseits die Leitungsfähigkeit einer solchen Metallleitung auch für die stärksten Entladungen, welche vorkommen können, vollkommen ausreicht und daß ferner die Lage der Schienen in den meisten Fällen einen raschen Uebergang der elektrischen Entladung in die Erde ermöglicht. Immerhin sind aber auch an Schienensträngen schon elektrische Erscheinungen beobachtet worden, wovon nachstehend einige erzählt werden sollen.

Im Juli 1854 sahen einige Arbeiter während eines Gewitters auf den Schienen in der Nähe von Dijon sechsmal hintereinander eine elektrische Lichterscheinung sich vorbeibewegen, ohne die geringste Erschütterung zu verspüren, trotzdem sie sich den Schienen nahe genug befanden. — Jobart erzählt, daß ein Bahnwächter am 21. Juni 1841 gegen 6½ Uhr Abends auf der Station Mecheln ein helles Licht an jedem Schienenstoße wahrnahm. Dieses Licht ließ ein sehr deutliches Geräusch hören, eine Art Kniſtern oder Knacken. Es wurde aber nur auf der einen Strecke, Gent-Lüttich, beobachtet. Eine Locomotive und einige Waggons, die sich auf diesem Geleise befanden, erschienen einen Augenblick ganz in Feuer gehüllt. Brillante Lichtgarben strömten aus allen Ecken und Kanten. Als sich der Wächter und seine Kameraden den Waggons genähert hatten, waren sie sehr erstaunt, starke Erschütterungen zu verspüren und einen so heftigen Schlag zu erhalten, daß einer unter ihnen zu Boden geschleudert wurde. Die Erscheinung währte ungefähr 5 Minuten. — Das Auftreten von elektrischen Funken an den Schienenstößen ist schon wiederholt beobachtet worden; wahrscheinlich sind Erscheinungen dieser Art auf Inductionswirkungen zurückzuführen. Aber auch directe Blitzschläge in die Schienen sind bereits beobachtet worden. Ein Fall dieser Art ereignete sich im Juni 1846 auf der Strecke Marseille-Avignon, in geringer Entfernung von Arles. Der

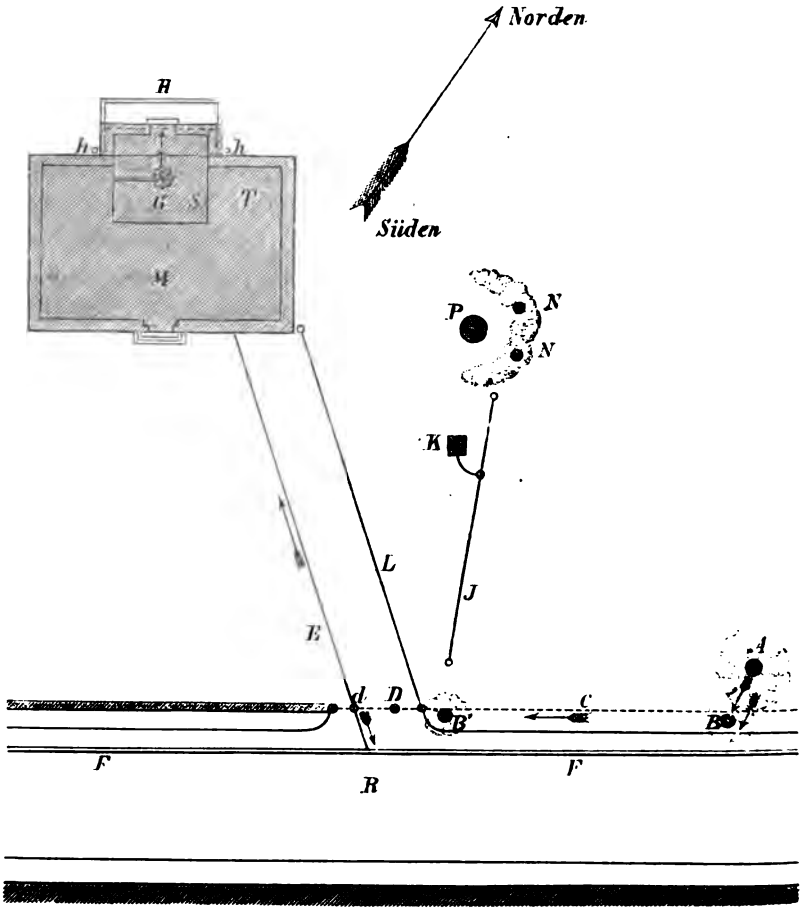
Regen strömte in reichlicher Menge auf die Erde herab, aber es donnerte nicht, obgleich die Atmosphäre mit Elektricität geschwängert war. Die bei dem Bahnbaue beschäftigten Arbeiter, 24 an der Zahl, suchten in einem Wächterhause Schutz, in dessen Nähe für den Augenblick der von Durance kommende Schienenstrang endigte. Plötzlich, ohne daß der geringste Blitz beobachtet worden wäre, erfolgte eine Explosion. Der elektrische Entladungsschlag war auf die Schienen gefallen und diesen bis an das Ende beim Wächterhause gefolgt. Am Ende des unvollendeten Schienenstranges hatte er einen Haufen Schwellen auseinandergeworfen und war dann in das Wächterhaus gedrungen. Daselbst tödtete er einen jungen (22 Jahre alten) Menschen, während alle übrigen Arbeiter mehr oder weniger starke Erschütterungen erlitten; acht erhielten Verwundungen und Contusionen, ein junger Mann blieb eine volle Stunde ganz gelähmt.

Einen sehr lehrreichen Fall, bezüglich der Wirkungen eines Blitzschlages hat Colladon mitgetheilt; aus demselben ist gleichzeitig das Verhalten von Drahtzügen und auch jenes von Röhrenleitungen zu ersehen. Der Blitzschlag erfolgte am 24. August 1881 gegen 4 Uhr Morgens und traf ein Landgut bei Genf. Zum leichteren Verständnisse möge Folgendes vorausgeschickt werden: In der Skizze, Figur 210, bedeutet A eine Pappel von 28 Meter Höhe und einem Durchmesser des Stammes oberhalb der Erde von 1 Meter. Die Aeste dieser Pappel stehen in Berührung mit jener der darunter stehenden Ulme B; die Aeste der letzteren erreichen eine Höhe von 18—20 Meter. Diese Ulme steht ebenso wie die Ulme B' am Gehweg der bergaufführenden Straße (Route de Champel) R und beide berühren mit ihrem Stamme fast die Umzäunung C, welche aus Holzlatten besteht, die durch drei horizontal verlaufende Drahtzüge unter einander verbunden sind. Jeder dieser Drahtzüge besteht aus zwei 2 Millimeter starken verzinkten und lackirten Eisendrähten. F F bedeutet eine gußeiserne Röhrenleitung für Gas, von welcher sich die schmiedeeiserne Hausleitung E abzweigt. Ferner stellt L einen außen am Hause M endenden Glockenzug dar und J einen 9 bis 10 Meter langen, beiläufig 3 Meter über der Erde gespannten Draht; auf letzterem läuft eine kleine Rolle, die durch eine kurze Kette mit dem Halsbande eines Hundes verbunden ist, dessen Hütte bei K steht. P bedeutet endlich einen Ziehbrunnen von 40 Meter Tiefe und M das Wohnhaus.

Der Blitz fiel auf die hohe Pappel A und riß aus dem Stamme derselben, etwa 8 bis 9 Meter unterhalb des Wipfels, Holzsplitter von solcher Stärke los, daß sie fast ein Drittel oder ein Viertel dieses Theiles des Stammes betrugen; dann fuhr er jedoch nicht in die Erde, sondern sprang auf die Ulme B über, was an zusammenhängenden 8 bis 10 Meter langen

Furchen auf den drei Hauptäſten zu erkennen war. Am Stamme vereinigten ſich dieſe drei Furchen zu einer einzigen, die an der dem Zaune C zugekehrten Seite ſenkrecht verlief, bis ſie genau gegenüber dem oberſten Drahtzuge dieſes Zaunes ihr Ende fand. Dort ſprang der Blitz auf dieſen Drahtzug über,

Fig. 210.



Blitzwirkung auf metalliſche Leitungen.

entfernte den Firniß desſelben und brachte einige Schmelzungen und Brücke hervor. Die beiden je einen Millimeter ſtarken Drähte des oberſten Zuges hatten ausgereicht, einen ſehr großen Theil der Entladung bis zu dem Pfeiler D des Portales zu leiten, wie dies aus der theilweiſen Zertrümmerung des Steinpfeilers und der eiſernen Thorangeln hervorgeht.

Genau oberhalb des Rohres E fand man bei d die Erde 18 bis 20 Centimeter tief aufgewühlt, aber trotz sorgfältiger Untersuchung keine Beschädigung der Gasröhren, weder in der Erdleitung noch in der Hausleitung; auch der Gasmesser, die Luster und Lampen waren vollständig verschont geblieben. Jedoch in der Mitte der Decke des zu ebener Erde gelegenen Salons S fand man Stellen, welche Spuren einer Entladung zeigten, die von hier gegen die nordwestlich gelegene Thüre gegangen sein mußte. In der Mitte der Decke war nämlich eine Rosette aus Papiermasse von 1·25 Meter Durchmesser angebracht und aus dieser hing ein Gasluster herab. Ein Quadrant dieser Rosette G, deren Gerippe aus einen Millimeter dicken Drähten bestand, ist theilweise zerbrochen und geschwärzt worden; das Drahtnetz zeigte vielfache Schmelzungen. Die nordwestliche Richtung, welche die Entladung von hier aus genommen hatte, ergab sich aus Schwärzungen an der Gypsdecke. Eine ebensolche Rosette mit einem Gasluster im nebengelegenen Speisezimmer T wies keinerlei Blitzspuren auf.

Warum der Blitz nicht auch in die anderen Theile der Gasleitungen im Hause gedrungen war, sondern gerade über die Rosette im Salon seinen Weg gegen die nordwestlich gelegene Thüre genommen hatte, dürfte durch Nachstehendes seine Erklärung finden: Die Außenmauer des Salons bildet einen Vorsprung, der eine große Terrasse trägt, auf welche der vom Nordwestwinde gepeitschte Regen reichlich eindringen konnte; dieselbe ist von einem eisernen Geländer umgeben und besitzt Regenrinnen, die bei h h mit vertical nach abwärts führenden Ablaufröhren verbunden sind. Außerdem ist die äußere Seite der Mauer mit zahlreichen Drähten für Schlingpflanzen versehen. Obwohl hier keinerlei Blitzspuren nachgewiesen werden konnten, dürfte es doch kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Entladung durch die eben angegebenen Eisenmassen ihren Weg in die nasse Erde gefunden hat. Die bei d angelangte Entladung hat sich also daselbst getheilt und hat einen Strom in die Gasleitung F F gesandt und einen zweiten mit dem eben geschilderten Verlaufe abgegeben; an dieser Verzweigung trägt wahrscheinlich die Lage der Gasleitung in trockenem sandigen Boden die Hauptschuld.

Hiermit sind aber die Wirkungen dieses Blitzschlages keineswegs erschöpft. Im Momente, als der Blitzschlag erfolgte, ließ der Hund ein klägliches Geheul hören, und als man nachsah, zeigte sich, daß das Plättchen am Halsbande desselben verschwunden war. An dem Drahte d fand man jedoch keine Blitzspuren und ebensowenig am Brunnen P. (Durch N N sind die Plätze bezeichnet, wo einst Trauerweiden gestanden, die vor mehreren Jahren vom Blitze getroffen wurden.) Den Schlag, welchen der Hund erhalten hatte, erklärt Colladon in folgender Weise: Ein Theil der Entladung ist durch den

Glockenzug L gegangen, übrigens ohne daselbst irgendwelchen Schaden anzurichten; dieser Entladungsstrom habe aber einen kräftigen Inductionsstrom in J hervorgerufen und letzterem sei der Schlag zuzuschreiben, welchen der Hund erhalten hat.

Dieser Fall läßt uns deutlich erkennen, daß es geboten erscheint, bei Herstellung von Drahtzügen oder Leitungen irgendwelcher Art namentlich dann mit Vorsicht zu Werke zu gehen, wenn selbe in bewohnte Räume führen; er lehrt uns aber auch, gleichwie zwei weiter oben (S. 445 u. 581) erzählte Fälle, daß metallische Röhrenleitungen einen Hauptanziehungspunkt für den Blitz bilden. Einige interessante Fälle letzter Art mögen nachstehend noch Erwähnung finden.

Wie die »Deutsche Bauzeitung« (v. J. 1880) aus Altona berichtet, fuhr daselbst am 5. September, Abends $10^3/_4$ Uhr, kurz nachdem das Publicum und Personal das Haus verlassen hatten und die Gasleitung abgeschlossen war, ein heftiger Blitzstrahl in das Stadttheater. Der Blitz traf das Haus an der nördlichen Wand, warf ein Stück der Giebelmauer des Schnürbodens herab und theilte sich derart, daß ein schwächerer Strahl, unter theilweiser Zerstörung der Dachrinne, längs dieser in die Erde fuhr, während der Hauptstrahl durch das Dach in die hier auf der höchsten Höhe des Bühnenhauses auslaufende Gasleitung schlug. Das zunächst betroffene Gasrohr von Schmiedeeisen, 10 Millimeter weit, wurde von dem eintretenden Blitze durchlöchert, derart, daß eine ersichtliche Schmelzstelle in dem Schmiedeeisen sich bildete. Die Schmelzstelle hat an der äußeren Wandung 17 und 12, an der inneren dagegen 6 und 4 Millimeter Durchmesser. Der Strahl ist dann weiter durch die weitverzweigte Gasleitung in den Keller und hier von dem gußeisernen Hauptrohre der Innenleitung unmittelbar durch die sehr starken Verbindungseisen in die gußeiserne Außenleitung und von dieser in das Straßenrohrnetz übergetreten. Diese Eisen, zum Tragen der Leitungen bestimmt, haben eine directe Ableitung in die Erde ermöglicht. Da die elektrische Telegraphenleitung des Feuerkabels mit der Gasleitung in Verbindung gebracht war, so wirkte der Schlag zerstörend auf die Zeigerapparate, gab aber gleichzeitig in der nahe gelegenen Feuerwache das Alarmsignal, so daß die Mannschaft ausrückte und das entzündete Holzwerk des Daches schleunigst zu löschen imstande war. Abgesehen von dem eingeschmolzenen Loche, hat weder die Gasleitung des Theaters noch die Straßengasleitung irgendwelchen Schaden erlitten. Es muß sich die elektrische Entladung jedoch über ein sehr großes Gebiet erstreckt haben, da etwa 1·25 bis 1·5 Kilometer entfernt vom Theater zwei gleichfalls mit der Gasleitung verbundene Feuerwehr-Stationstelegraphen durch den eingeführten Blitzschlag zerstört wurden.

Der Blitz schlug, wie die Zeitschrift für Elektrotechnik (1885) berichtet, in ein Haus in Barmen ein, zerstörte im Dache einen großen Theil der Eindeckung und verschiedene Decken und Wände in den oberen Stockwerken, fuhr in die Gasleitung, die innerhalb des Gebäudes aus Bleiröhren hergestellt war, und in einer Ecke des Hauses hinabführt, verbog und zerdrückte die Bleiröhren an verschiedenen Orten im Hause, brachte die Bleidichtung an den Verbindungsstellen der Anschlußleitung bis zum 100 Millimeter weiten Straßengasrohr zum Schmelzen und entzündete das Gas, das in hellen Flammen in der Straße aufstieg. Ob ein Theil der elektrischen Entladung zugleich in die im Hause befindlichen Wasserleitungsröhren gefahren und das 100 Millimeter weite Wasserrohr, das parallel zum Straßengasrohr läuft, erreicht hat, konnte nicht genau festgestellt werden, da an den Wasserleitungsröhren nichts zerstört ward; es ist jedoch nicht unwahrscheinlich, weil ein Abflußbecken im oberen Geschosse zertrümmert worden ist. Jedenfalls aber ist der Strom, wenn er nicht unmittelbar durch die Wasserleitungsröhren im Hause auf das 100 Millimeter weite, in der Straße liegende Wasserleitungsrohr geleitet worden, irgendwo auf der parallelen Strecke von dem Gasrohre auf das Wasserleitungsrohr übergesprungen und hat eine Abzweigung für einen Hydranten und eine Verengung des Rohres von 100 Millimeter auf 80 Millimeter Lichtweite berührt, ohne daselbst irgend etwas zu zerstören. Erst 57 Meter von dem getroffenem Hause entfernt, wo das 80 Millimeter weite Wasserrohr dicht über dem 500 Millimeter weiten, aus einer Seitenstraße kommenden Hauptwasserrohre hinweggeführt ist, hat der Blitz aus dem 80 Millimeter weiten Rohre nach der Seite und abwärts zum 500 Millimeter weiten Hauptrohre hier ein Stück Wandung herausgeschlagen, welches bis 15 Centimeter lang und 8 Centimeter breit ist, bei einer Wandstärke von 8 bis 9 Millimeter und durchaus gutem Gußeisen. Eine weitere Zerstörung ist nicht vorgekommen. Bemerkt muß noch werden, daß die Wasserleitungsröhren mit Wasser gefüllt waren und an jener Stelle unter einem Drucke von 7 Atmosphären standen. Offenbar ist die Zerstörung des 80 Millimeter weiten Wasserrohres dadurch entstanden, daß dasselbe an der Stelle, wo es über dem 500 Millimeter weiten Hauptrohre hinwegführte, mit dem letzteren nicht verbunden war und der Strom, durch die größere Leitungsfähigkeit des stärkeren Rohres angezogen, von dem kleineren Rohre auf das größere durch ein nicht leitendes Mittel überspringen mußte.

Schließlich möge noch ein Blitzschlag auf Wasserleitungsröhren erwähnt werden, der ganz specielles Interesse verdient. Delahaye hat denselben unter anderen Blitzschlägen, welche die Wasserleitung von Fitchburg (Massachussetts) trafen, im l'Année Électrique (1885) erzählt; das specielle Interesse liegt

darin, daß die eisernen Röhren dieser Leitung außen und innen cementirt und auch an ihren Verbindungsstellen mit Cement, also einer die Elektricität nicht leitenden Substanz verkittet sind.

Während eines Gewitters wurden zwei Häuser vom Blitze getroffen: der Blitz folgte in beiden Fällen der Wasserleitung von den Häusern bis in die Hauptleitung, d. h. in die 100 bis 150 Millimeter im Durchmesser haltenden cementirten Eisenröhren. Von da an hinterließ er sehr bedeutende Spuren seines Durchganges. Bald war eine Röhre von einem bis zum anderen Ende gespalten, bald zeigte sie sich von Löchern durchbohrt, welche in der Mehrzahl der Fälle erkennen ließen, daß der Blitz das Metall von außen nach innen durchschlagen hatte. Fast alle Verbindungen auf einer Strecke von 600 Meter waren geöffnet; eine Brunnenstube und zwei Feuerwechsel wurden bis zur vollständigen Unbrauchbarkeit zerstört. Die Kosten der Wiederherstellung dieses Theiles der Wasserleitung betrugen über 8500 Francs. Mehrere Male sind die Straßenleitungen vom Blitze getroffen worden. Je zwei aufeinanderfolgende Röhren trennte eine Cementschicht von 3 bis 6 Millimeter Dicke.

Untersuchte man die Röhren, so fand man sie in der Regel ihrer ganzen Länge nach gebrochen; dann ist bei drei oder vier aufeinanderfolgenden Röhren an der äußeren Cementbedeckung keine Spur des Blitzdurchganges zu entdecken, aber bei jeder Verbindungsstelle bemerkt man 1 bis 10 Löcher von 2 bis 28 Millimeter Durchmesser, von außen nach innen durchgeschlagen: eine Muffe erschien mit einer ganz auffallenden Nettigkeit abgeschnitten; schließlich verlor sich die elektrische Entladung durch eine Brunnenstube oder durch einen Feuerwechsel.

Diese Blitzschläge auf die Wasserleitung von Fitchburg lehren, daß metallische Röhrenleitungen und namentlich Wasserleitungen nie durch isolirende Substanzen an den Zusammenstößen je zweier Röhren gedichtet werden dürfen, oder, wenn dies aus irgendwelchen Gründen absolut gewünscht werden sollte, daß man dann anderweitig, durch Auflöthen von Metallstreifen oder dergleichen, für eine ausreichende metallische Verbindung sämmtlicher Theile des betreffenden Röhrennetzes unbedingt Vorsorge treffen muß.

Eine Art unterirdischer metallischer Leitungen, die gegenwärtig auch schon eine derartige Ausdehnung besitzt, daß sie hier nicht ganz übergangen werden darf, ist bisher noch nicht genannt worden; es ist dies das **Kabel**, welches bis nunzu in zweifacher Art, nämlich für unterseeische und für unterirdische Leitungen zur Anwendung gelangt. Als man um verschiedener Vortheile willen daran ging, für die wichtigsten Verbindungslinien unterirdische Leitungen herzustellen, konnte man zunächst hoffen, daß derartige Leitungen der Einwirkung der Gewitterelektricität vollkommen entzogen sein werden, da die Leitungsdrähte

über ihre Isolirung noch eine metallische Schutzhülle (Draht oder Rohr) gegen mechanische Verletzungen erhielten; da also die Drähte von einer metallischen Hülle vollkommen umschlossen sind, sollte auf sie von außen her ebensowenig eine elektrische Einwirkung stattfinden können, wie auf ein Elektroskop im Faraday'schen Häuschen (vergl. S. 21). Als jedoch die unterirdischen Linien in Betrieb gesetzt wurden, erfuhr man bald, daß zwar die unterirdischen Leitungen von der Gewitterelektricität beiweitem nicht so viel zu leiden haben, als die oberirdischen Linien, daß sie aber doch auch nicht vollkommen vor elektrischen Störungen dieser Art geschützt sind. Schon kurze Zeit nach der Eröffnung des Betriebes auf der ersten Versuchsstrecke, Berlin-Halle (a. S.), machten sich diese Wirkungen der Gewitter geltend; diese sind zwar in der Regel sehr schwach und äußern sich nur darin, daß in den Telegraphenapparaten ein Anker angezogen oder ein angezogener Anker abfallen gemacht wird, was allerdings auch so stark werden kann, daß die Correspondenz erschwert oder sogar unmöglich gemacht wird; in einigen Fällen sind jedoch auch elektrische Funken an den Apparaten, ja sogar Schmelzungen an den Blitzableitungen wahrgenommen worden. Ganz ähnliche Beobachtungen, wie auf den deutschen Linien, wurden einige Jahre später auf den französischen gemacht. So wurden z. B. am 9. März 1885 in den beiden durch eine unterirdische Linie verbundenen Stationen Belfort und Besançon Funken an den Apparaten bemerkt, als ungefähr über der Mitte der Kabellinie ein heftiges Gewitter niederging.

Welcher Art ist nun der physikalische Vorgang, der solche elektrische Erscheinungen ermöglicht? Zur Beantwortung dieser Frage wollen wir zunächst die beiden Fälle unterscheiden, ob das Kabel von einem guten oder von einem schlechten Leiter umschlossen ist. Der beste Leiter, von welchem ein Kabel umschlossen sein kann, sind große Wassermassen; wir haben daher in erster Linie das unterseeische Kabel in Betracht zu ziehen. Die Gewitterwolke erregt durch Influenz eine elektrische Ladung, die sich auf die Oberfläche des Meeres beschränken muß; die Kabelleitungen, gleichviel, ob sie mit einer metallischen Schutzhülle umschlossen sind oder derselben entbehren würden, können keinerlei Einwirkung erfahren. Nun erfolgt der Blitzschlag und die Elektricität auf der Oberfläche des Meeres wird frei; diese Influenzelektricität muß sich aber, der guten Leitungsfähigkeit der ungeheuren Wassermasse wegen, augenblicklich zerstreuen und es wird daher abermals keinerlei elektrische Einwirkung auf die Kabeladern erfolgen. Thatsächlich hat man auch auf den Stationen submariner Telegraphenlinien keinerlei Störungen durch Gewitter beobachtet, trotz der bedeutenden Empfindlichkeit der hier in Verwendung stehenden Apparate.

Bei den unterirdischen Kabeln sind beide Fälle möglich; ein solches kann in gut leitendem oder auch in schlecht leitendem Boden liegen. Ersteres ist

namentlich der Fall im Innern von Städten, wo die Telegraphenlinien durch die Häuser, die zahlreichen Gas- und Wasserleitungsröhren geschützt sind und daher ebensowenig eine Influenzwirkung erfahren, wie die submarinen Kabel. Liegt hingegen das Kabel in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche, gebettet in schlechtleitendem Boden, dann können Gewitter allerdings Störungen des elektrischen Gleichgewichtes hervorrufen, die sich auch an den unterirdischen Telegraphenlinien geltend machen. Die äußere metallische Schutzhülle wird sich durch Influenz laden, während die innerhalb befindlichen Leitungsdrähte unelektrisch bleiben; diese Ladung wird aber in dem Momente frei, in welchem der Blitzschlag erfolgt, und fließt dann entlang der Schutzhülle nach zwei entgegengesetzten Richtungen in den schlechtleitenden Erdboden ab. Hierbei werden nach Blavier's Ansicht zweierlei Wirkungen erzielt: Erstens entwickeln sich in den inneren Leitungsdrähten zwei Inductionsströme von entgegengesetzter Richtung, von denen jedoch nur die Differenz auf die Apparate der Telegraphenstationen zur Wirkung gelangen kann. Die Wirkungen werden daher nur sehr geringe sein können, und zwar um so geringer, als die freie Elektricität sich rasch in die Erde verliert und daher nur sehr beschränkte Inductionswirkungen auszuüben vermag. Eine zweite Wirkung muß aber dadurch hervorgerufen werden, daß die Entladung der Hülle keine augenblickliche ist, ihre elektrische Spannung aber während eines, wenn auch kurzen Augenblickes plötzlich steigt. Dies wirkt auf die Leitungsdrähte im Innern, die sich ebenso rasch mit entgegengesetzter Elektricität von den mit der Erde in Verbindung stehenden Enden der Leitungen her laden, d. h. durch die Blitzableiter und Apparate der Endämter, und somit Anlaß zu den vorerwähnten Erscheinungen geben. Fließt dann die äußere Ladung ab, so muß sie in dem Leiter eine elektrische Strömung in entgegengesetzter Richtung hervorrufen, welche sehr rasch auf die erste folgt und sich in der Mehrzahl der Fälle mit ihr vermengt und sie in ihrer Wirkung aufhebt. Thatsächlich sind Gewitterwirkungen auf unterirdischen Linien auch nicht sehr häufig nachzuweisen. Man dürfte sie gänzlich vermeiden können, wenn man für eine möglichst gut leitende Verbindung der Schutzhülle mit der Erde sorgt.

IV.

Blitzwirkungen auf die organische Welt.

1. Auf Pflanzen.

Wenn wir nach den Wirkungen des Blitzes im Pflanzenreiche uns umsehen, so finden wir, daß es namentlich hoch in die Luft ragende Bäume sind, auf welche sich der Blitz mit besonderer Vorliebe stürzt. Nicht nur der Umstand scheint ihn mächtig anzulocken, daß eben die Wipfel der Bäume hochgelegene, sehr häufig in weitem Umkreise die höchstgelegenen Punkte darstellen, sondern die ganze Beschaffenheit des Baumes selbst befördert die Entladung. Die Krone mit ihren zahlreichen saftreichen Aesten und Blättern und den unzählbaren zartesten Spitzen und Kanten einerseits und die tief in die Erde sich erstreckenden, gleichfalls vielfach sich verzweigenden Wurzeln andererseits stellen einen um so besseren Entladungsapparat zwischen der elektrischen Wolke und der durch sie influenzirten Erde dar, je höher seine Zweige in die Luft ragen und je näher seine Wurzeln dem Grundwasser kommen; ferner auch, unter sonst gleichen Umständen, je jünger, d. h. je saftreicher der Baum ist. Von der angegebenen Beschaffenheit der Bäume hängt es auch ab, in welcher Weise der Blitz auf sie einwirkt. Wir haben bereits bei früheren Gelegenheiten erfahren, daß der Blitzstrahl die Baumstämme furcht (vergl. S. 393, 394 u. 631), daß er die Rinde aufreißt und Splitter lostrennt (vergl. S. 395, 400, 402, 631) oder aber, daß er die Bäume theilweise oder auch ganz zerschmettert (vergl. S. 564, 584); im Nachstehenden wollen wir nun diese Wirkungen genauer kennen lernen und soweit als möglich zu erklären suchen.

Beginnen wir mit einem Beispiele aus älterer Zeit, welches Arago mitgetheilt hat. Während der Nacht vom 21. zum 22. Juni 1723 zerschmetterte

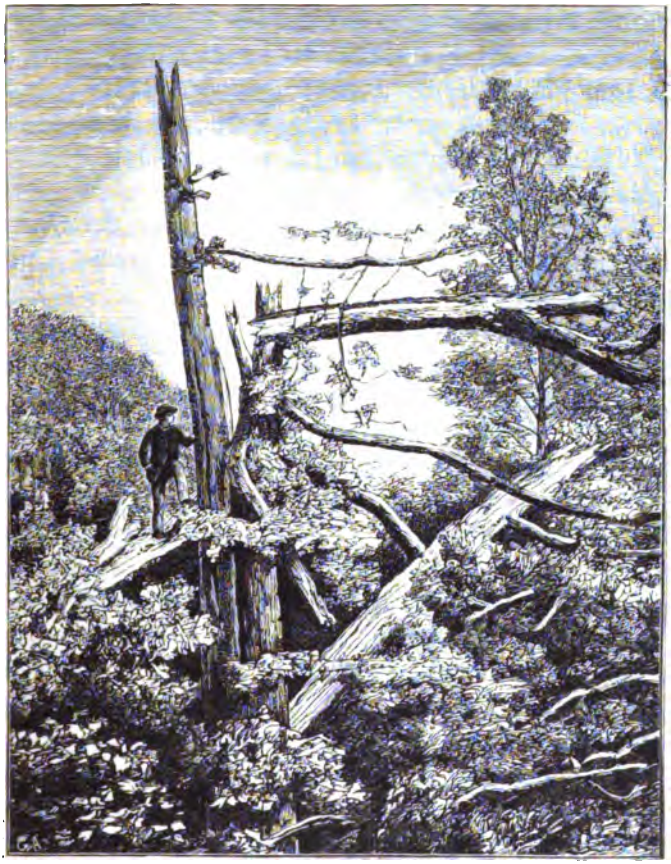
der Blitz einen Baum im Walde von Nemours. Von den beiden Bruchstücken des Stammes hatte das eine 16 Fuß und das andere 22 Fuß Länge. Vier Menschen hätten das erstere nicht aufzuheben vermocht; der Blitz indes schleuderte es 48 Fuß weit von seiner Stelle. Das zweite Stück fand sich 16 Fuß von seinem ursprünglichen Orte entfernt, und zwar in einer der ersten entgegengesetzten Richtung. Sein Gewicht war zu groß, als daß acht Menschen es hätten von der Stelle bewegen können.

Muncke beschrieb einen Blitzschlag, welcher am 12. Mai 1826 eine Eiche im Gorxheimerthale bei Weinheim traf; der Stamm, welcher an den Wurzeln 3 Fuß Durchmesser hatte und 15 bis 20 Fuß hoch war, wurde so vollständig zertrümmert, daß er eigentlich ganz verschwunden war. Seine, die Krone bildenden drei Aeste von $^1/_2$ bis 2 Fuß Durchmesser fielen unversehrt, mit ihrer Rinde bekleidet, wie mit stumpfer Hacke abgeschlagen, zu Boden. Alle einzelnen Stücke des Stammes waren ihrer Rinde entkleidet und mit ungeheurer Gewalt umhergeschleudert, so daß einige der umherstehenden Kiefern abgebrochen waren. Das größte dieser Fragmente hatte Dimensionen von 7 Fuß, 15 Zoll und 4 Zoll, ein zweites mit Dimensionen von 5 Fuß, 10 Zoll und 4 Zoll war gegen 100 Fuß bergauf geschleudert. An einem der größten Fragmente hingen gegen 100 herausgedrehte Fasern von 1 bis 2 Linien Durchmesser. Nirgends zeigte sich die mindeste Spur von Zündung oder Verkohlung, auch kein Zeichen eines Eindringens des Blitzes in die Erde.

Lakowitz berichtete in der Sitzung der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur am 6. December 1882 über eine Anzahl Beobachtungen interessanter Blitzschläge in Bäume. Zwei dieser Fälle mögen hier mitgetheilt werden. Der erstere betrifft eine auf der Ziegelbastion in Breslau befindliche beiläufig 70 Fuß hohe Schwarzpappel, welche am 5. Mai 1882 vom Blitze arg beschädigt wurde, sich aber trotzdem während des verflossenen Sommers der besten Gesundheit zu erfreuen schien. Ein Stück unterhalb des Gipfels beginnt die erste Einwirkung des elektrischen Funkens, die sich durch oberflächliches Losbröckeln der Rinde auf einer 5 Fuß langen Strecke kundthut, bis dann urplötzlich, wie durch einen gewaltigen Axthieb, nicht bloß die Rinde bis auf das Holz, sondern letzteres ebenfalls in einem mächtigen Scheite losgesprengt ist. Dieser so markirte Punkt scheint die eigentliche Einsatzstelle des Blitzstrahles zu sein; jene oberflächliche Losblätterung der äußeren Rinde ist einer Streichwunde vergleichbar. Von nun an bis zum Grunde des Stammes ist die Rinde in einem immer breiter werdenden Streifen losgerissen, sowie auch der darunter befindliche Holzkörper bedeutend verletzt. 5 bis 6 Fuß lange Holzscheite staken gleich Pfählen in dem weichen Rasenboden. Inmitten des entrindeten Holzstreifens verläuft von oben bis unten ein für die Einwirkung

des Blitzes charakteriſtiſcher ſchmaler, 2 bis 3 Zoll tief radial in den Stamm hineingehender Spalt. Intereſſant iſt der ſpiralige Verlauf des Funkens am Umfange des Stammes, der mit der ſpiraligen Drehung des ganzen Holzkörpers

Fig. 211.



Zerſchmetterte Eiche (La Nature).

zuſammenhängt, wie ſolche bei vielen Bäumen beobachtet wird. Von Bräunung oder gar Entzündung des Holzes iſt hier keine Spur zu bemerken.

Der zweite Fall bezieht ſich auf eine 50 bis 60 Fuß hohe Birke aus der Nähe von Kreuzburg in Oberſchleſien. Hier iſt die Rinde nicht in einem Streifen losgeſprengt, ſondern mit einem Schlage in mehrere Streifen zerriſſen und gleichmäßig vom Stamme geſchleudert worden, ſo daß dieſer vollſtändig entblößt, dem ſicheren Tode preisgegeben wurde.

Ed. Lamaury aus Gisors (Departement Eure) sandte die Photographie einer vom Blitze getroffenen Eiche an G. Tissandier, welcher diese in seiner Zeitschrift »La Nature« reproducirte (Fig. 211). Die Eiche stand im Walde von Gisors etwa 4 Kilometer von dieser Stadt entfernt und hatte einen Umfang von 2·2 Meter bei einer Höhe von ungefähr 15 Meter. Der Blitz, welcher den Baum während der Gewitter vom 19. auf den 22. August 1886 traf, hat diesen nicht nur gespalten und bis an seinen Fuß zersprengt, sondern ein großer Theil seines Stammes wurde buchstäblich pulverisirt, reducirt auf kleine Fragmente von der Größe der Streichhölzchen. An der Stelle, an welcher der große Ast zu Boden gefallen war, konnte man diese Splitter mit den Händen förmlich zusammenschöpfen.

Colladon sandte an die Pariser Akademie einen Bericht über einen bemerkenswerten Blitzschlag, welcher zu Schoren bei Langenthal (Canton Bern) am 7. April 1887 erfolgte.

Der Blitz traf eine Pappel von 20·25 Meter Höhe und 0·9 Meter Durchmesser, welche in der Mitte des Platzes dieser Ortschaft stand — beiläufig 20 bis 40 Meter von den Häusern entfernt. Der Schlag war von ungewöhnlicher Heftigkeit und schleuderte Holzstücke von mehr als 50 Kilogramm 400 Meter weit fort. Der größte Theil des Stammes und der Aeste wurde zersplittert und zerstäubt.

In der Mehrzahl der Fälle wirkt aber der Blitz nicht in so hohem Grade zerstörend auf die Bäume, wie in den vorstehend erzählten Beispielen, sondern seine Wirkung besteht gewöhnlich darin, daß er zumeist in den Stamm mehr oder weniger tiefe und lange Furchen gräbt und die Rinde spaltet oder auf mehr oder weniger große Strecken hin abreißt. Derartige Wirkungen hatten wir schon weiter oben einigemale Gelegenheit zu erfahren und werden weiter unten noch an weiteren Beispielen erläutert werden. Auffallend an dieser Art der Blitzwirkung ist, daß die Furchen häufig einen spiraligen Verlauf um den Baumstamm nehmen (vergl. S. 393—395 u. 641). Die Anzahl der Beispiele von spiraliger Verletzung der Bäume durch den Blitzstrahl könnte leicht bedeutend vermehrt werden, doch wollen wir hiervon absehen und den oben gemachten Angaben nur noch den speciellen Fall beifügen, in welchem ein bereits todter Stamm eine solche Verletzung erlitt.

Bei dem starken Gewitter, das am 29. August 1866 die Umgebung von Stettin verheerte, schlug der Blitz, wie H. J. Klein berichtet, in einen Oderkahn, der eine Strecke weit oberhalb der Stadt im Flusse vor Anker lag. Der Strahl folgte dem Maste, riß 10 bis 12 Fuß lange Splitter derart ab, daß die beschädigten Stellen Schlangenwindungen um den Mast beschrieben, und fuhr durch die rechte Schiffswand in den Strom.

Es wurde weiter oben (S. 393—396) erwähnt, daß die spiralförmigen Verletzungen, welche der Blitz so häufig an Baumstämmen bewirkt, Veranlassung gaben, dem Blitzstrahle selbst eine spiralförmige Bewegung zuzuschreiben. An diese bereits von Gehler ausgesprochene Ansicht erinnerten Mousſette, Caneſtrini, Fonvielle, Reimann u. A. neuerdings wieder. Andererseits darf aber nicht verschwiegen werden, daß eine große Anzahl von Beobachtern der durch Baumgartner und v. Minkwitz gegebenen Erklärung beistimmen, welche lautet: Der spiralförmige Verlauf der durch den Blitz auf Baumstämmen hervorgebrachten Verletzungen finde seine Erklärung einfach darin, daß der Blitz in seinem Wege über den Stamm einfach der Richtung der Fasern folge, weil er hier einen geringeren Widerstand findet, als bei Durchquerung der Fasern. Daß aber die Holzfasern der Baumstämme im Verlaufe des Wachsthumes eine derartige Drehung erleiden, ist eine längst bekannte Thatsache. Auch liegen nicht minder zahlreiche Beobachtungen über Blitzschläge vor, in welchen ausdrücklich bemerkt wird, daß die Blitzspur zwar spiralig war, aber vollkommen mit der Faserrichtung übereinstimmte. So sagt z. B. Braun in einem der Berliner Akademie erstatteten Berichte über einige merkwürdige Blitzschläge in Bäume (am 26. Juli 1869): »Die schiefe Richtung der Blitzfurche (auf einer Eiche des botanischen Gartens) entspricht dem schiefen Verlaufe der Holzfaser, welche in dem vorliegenden Falle eine rechts um den Baum herumgehende, sehr wenig geneigte Schraubenlinie bildet, von der senkrechten Richtung nur ungefähr um 6 Grade abweichend.« Bezüglich einer zweiten Eiche (an der Bendlerstraße) wird bemerkt: »Die streifenartige Entrindung und die schmale rinnenartige Ausfurchung des Holzkörpers in der Mitte des Streifens verhalten sich im Wesentlichen ebenso wie an dem Baume des botanischen Gartens; nur ist die Richtung der Schraubenlinie, welche die Blitzspur in Uebereinstimmung mit der Holzfaser beschreibt, die entgegengesetzte, nämlich links. Der Winkel, den sie mit der Senkrechten bildet, beträgt etwa 15 Grad.« In Beziehung auf die entgegengesetzte Richtung der Schraubenlinien auf den beiden Eichen weist Braun darauf hin, daß der Verlauf der Holzfaser bei der Eiche überhaupt ein unbeständiger sei; er selbst habe zehn Fälle mit Linksdrehung und vier Fälle mit Rechtsdrehung beobachtet, wonach also die Linksdrehung die gewöhnliche zu sein scheint, was auch mit den Angaben Cohn's übereinstimmt.

Auch D. Colladon schließt sich in seinem ausführlichen Mémoire über die Wirkungen des Blitzes auf Bäume und holzige Pflanzen jener Meinung an, welche die Spiralform der Verletzungen nicht in der Natur des Blitzes, sondern in jener des getroffenen Objectes begründet erkennt. Ferner muß, als auf eine bekannte Thatsache, hingewiesen werden, daß hölzerne Tragsäulen,

Schiffsmaste und dergl. das Bestreben zeigen, ihre äußerste Oberfläche der Sonne zuzudrehen, was durch die Wärmewirkung derselben bewirkt wird. Hierdurch erlangen die Holzfasern eine mehr oder weniger schraubenförmige Drehung und der Stamm zeigt dann ebensolche Risse. Diese saugen aus der Atmosphäre Feuchtigkeit auf und verbessern eben dadurch das Leitungsvermögen in der Richtung der Fasern.

Dies der gegenwärtige Stand der Frage bezüglich der spiralförmigen Verletzungen durch den Blitz; gehen wir nun zur Besprechung einer zweiten Frage über, deren Beantwortung ebenfalls noch nicht endgiltig sichergestellt ist: Ueben die Bäume eine verschiedene Anziehungskraft auf den Blitz aus je nach der Baumart, welcher sie angehören?

Die Blitzwirkungen auf Bäume mit Berücksichtigung der Art der letzteren wurden namentlich von Colladon eingehend studirt und die hierbei erzielten Resultate in der bereits oben genannten ausführlichen Denkschrift veröffentlicht. Diese Studien erstreckten sich auf Pappeln, Eichen, Ulmen, Tannen, zahme Kastanien, Birnbäume und Weinreben, und wurden in der Umgebung von Genf durchgeführt. Einige Beispiele und die aus den gesammten Beobachtungen gezogenen Schlüsse mögen nachstehend mitgetheilt werden.

Am 22. Juli 1868 traf der Blitz eine 30·5 Meter hohe Pappel, welche an ihrem oberen Theile zahlreiche Aeste besaß und deren Stamm 1 Meter oberhalb des Erdbodens einen Durchmesser von 0·62 Meter hatte. Der Blitz fiel in Form eines Strahles oder Bandes auf den Wipfel des Baumes. Trotzdem zeigte derselbe in seinem ganzen oberen Theile in einer Ausdehnung bis über 24 Meter keinerlei Verletzung weder an dem Stamme noch an den zahlreichen Aesten und Blättern. Erst 6 Meter oberhalb der Erde, unmittelbar unter der Vereinigung zweier großer Aeste, begann die Blitzspur. Sie besteht aus zwei langen, fast parallelen Rissen an der Südwest-, beziehungsweise Südostseite des Stammes. Die erstere und größere Wunde wurde durch Abreißen und Wegschleudern größerer zusammenhängender Rindentheile und Holzspäne erzeugt. Die Holzspäne waren 5 Meter lang, 0·18 bis 0·20 Meter breit und besaßen eine mittlere Dicke von 0·03 bis 0·04 Meter. Die Späne der zweiten parallelen Wunde waren kleiner und nicht vom Stamme völlig abgetrennt. Die vom Stamme abgerissenen Rinden- und Holztheile waren an ihren Rändern zerfasert, zeigten aber keine Spur von Verkohlung. In der Mitte der südöstlichen Wunde sah man eine, sich über den größten Theil der Wunde erstreckende Spalte von 1 bis 2 Millimeter Breite, in welche man mit einer Messerklinge 0·03 bis 0·04 Meter tief eindringen konnte.

Die Ränder dieser ungefähr 3 Meter langen Spalte lassen zwei bemerkenswerte Eigenheiten erkennen, wie dies an den Figuren 212 bis 214 erläutert

werden soll. Figur 212 zeigt den Stamm dieser Pappel bis zu einer Höhe von 2·5 Meter und die beiden parallelen Streifen bei AA' und BB'. Längs der Spalte AA' sieht man zwei wohlbegrenzte Ränder oder Streifen von je 4 Millimeter Breite der ganzen Länge der Spalte nach verlaufen; sie zeigen eine hellbraune Färbung, gleich jener des am Ofen getrockneten Holzes. Eine zweite Eigenthümlichkeit bilden die sieben runden Flecke a, b, c, d, e, an der rechten und linken Seite der Spalte. Sie besitzen Durchmesser von 8 bis

Fig. 212.

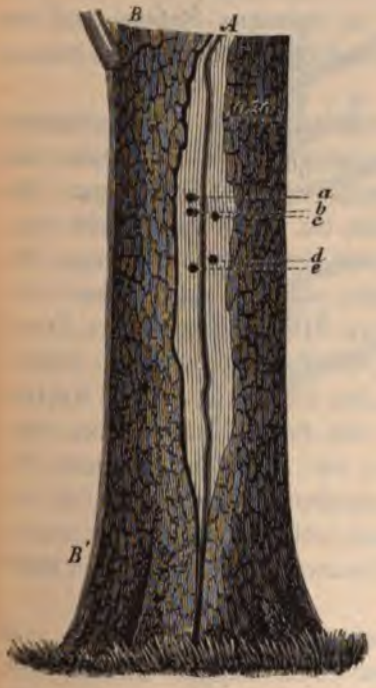
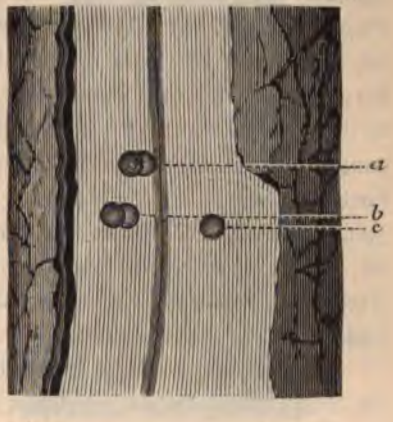


Fig. 213.

Fig. 214.



Vom Blitze getroffene Pappel.

10 Millimeter, sind vollkommen kreisrund und scharf begrenzt und sind etwas dunkler braun gefärbt, als die Spaltenränder; dabei ist die Färbung an den Rändern am stärksten. Zwei dieser Flecken (etwas übereinandergelagert) sind in Figur 213 in natürlicher Größe dargestellt. Die sieben Flecken sind aber keineswegs durch Aufstreuung oder Absatz irgend einer Substanz gebildet, sondern sie stellen im Gegentheile Vertiefungen der Oberfläche dar, gerade so wie jene Streifen, welche die Spalte begleiten, und scheinen ihre Färbung infolge einer kräftigen localen und scharf begrenzten Austrocknung erhalten zu

haben. Es ist dies der einzige Fall, in welchem Colladon auf einer Pappel solche Flecken beobachtet hat. (Demole soll auf Corsica an einer Pappel solche Flecken wahrgenommen haben.) Auf ähnliche Blitzspuren, die Colladon an einer Tanne fand, kommen wir weiter unten noch zurück.

Colladon hält dafür, daß diese kreisförmigen Flecken, deren Gewebe sich evident als ausgetrocknet, wie durch Annäherung eines heißen Eisens erweist, in folgender Weise entstanden sind: Theile des elektrischen Stromes, welche bis zu den Flecken dem Stamme gefolgt sind, haben denselben, noch bevor sie die Erde erreichten, verlassen, wegen seiner nach abwärts zu abnehmenden Leitungsfähigkeit; diese Theilströme haben in senkrechter Richtung auf den Baumstamm diesen in Form positiver cylindrischer Büschel verlassen und dadurch diese Austrocknung veranlaßt.

Im Jahre 1866 traf der Blitz eine auf einer Wiese isolirt gestandene mehr als hundertjährige Eiche; Colladon untersuchte sie einige Monate nach dem Blitzschlage und ließ von ihren Verletzungen Gipsabdrücke nehmen. Der sehr heftige Blitzschlag hatte den Gipfel und die neun obersten Aeste abgeschlagen und überdies auf dem Stamme eine breite Wunde erzeugt. Der Durchmesser des Stammes betrug 0·54 Meter und der Gipfel dürfte 15 bis 16 Meter ober der Erde gewesen sein. Figur 215 stellt das obere Drittel des Baumes und den Anfang der Wunde dar. Die Gabel a und die Aeste b, c, d, e, f, g, g' und h sind der Wirkung des Schlages entgangen. Auf dem ganzen ober der Wunde befindlichen Theile des Baumes und auf den abgestorbenen Aesten ist keine Furche zu sehen, nur ist an einigen Stellen der Zusammenhang der Rinde mit dem Holze gelockert. (In der Figur sind nur die neun abgestorbenen, nicht aber die gesund gebliebenen Aeste am unteren Theile des Stammes abgebildet; auch sind die vier Aeste f, g, g' h in Wirklichkeit länger und verzweigt.)

Colladon glaubt, durch vielfache Beobachtungen hiezu veranlaßt, daß der Blitz einen Baum überhaupt nicht mit einem einzigen Strahle trifft, sondern vielmehr in einem ganzen Strahlenbüschel, einer Art elektrischen Welle; diese einzelnen Strahlen oder Wellentheile werden von den Zweigen der Baumkrone aufgenommen und bis zum Stamme geleitet, wo sie dann, in einen Strahl vereinigt, ihren Weg weiter fortsetzen. Er sieht in dem vorliegenden Beispiele eine Bestätigung dieser Ansicht, indem er darauf hinweist, daß die durch den Blitz auf dem Stamme erzeugte Furche sich nicht allmählich verbreitert, sondern sprungweise, und daß jedem dieser Sprünge in deutlicher Weise das Einsetzen der abgestorbenen Aeste f, g, g', h an dem Stamme entspricht. Es entspricht nämlich dem Eintreten des obersten Astes f der Beginn der Furche mn (und auch der Beginn der Entrindung), dem Ein-

treten des Aſtes g die Verbreitung von n bis n', dem Aſte g' die Verdopplung unter n' und endlich dem Aſte h jene unter o.

Von da an behält die Wunde ihre Breite von 7 Centimenter und ihre mittlere Tiefe von 15 Millim. ohne Aenderung 5 Met. lang nach abwärts zu bei, bis neuerdings tiefere horizontale Aeſte hinzukommen, wo ſich dann die

Fig. 215.

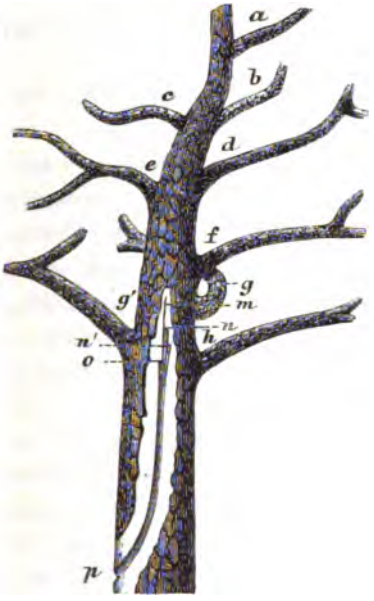


Fig. 216.

Vom Blitze getroffene Eichen.

Verletzung neuerdings erweitert und dann dachrinnenförmig mit einer Breite von 10 Centimeter und einer Tiefe von 3 Centimeter bis zur Erde verläuft. Auf dem 5 Meter langen Theile des Stammes, auf welchem die Rinne am ſtärkſten ausgebildet iſt, erſtreckt ſich die Entrindung zu beiden Seiten der letzteren, von ihrer Mittellinie aus gerechnet, auf jeder Seite bis zu 40 Centimeter, ſo zwar, daß die Entrindung faſt auf dem halben Stammumfange erfolgte.

In Figur 216 ist ein Theil der Verletzungen dargestellt, welche eine ihres Gipfels beraubte Eiche durch den Blitz erlitt und zwar in dem Zustande, in welchem Colladon diesen Baum drei Jahre nach dem Blitzschlage vorfand. m p bezeichnet die dachrinnenförmige Furche, e e zu beiden Seiten derselben die neugebildete Rinde. Bemerkenswert ist namentlich der mannigfach gewundene Verlauf der Furche, welcher durchaus nicht an eine Spirale erinnert, wohl aber dadurch auffällt, daß er genau mit der Richtung der ebenso vorhandenen Holzfasern zusammenfällt. Dieses Beispiel ist also geeignet, jene Ansicht über den spiralförmigen Verlauf der Verwundungen an Bäumen zu stützen, welche diesen Verlauf nicht auf eine spiralige Bewegung im Blitzstrahle, sondern auf die Wirkung der spiralig verlaufenden Holzfasern zurückführt.

Colladon hat aus seinen Beobachtungen und Studien über Blitzschläge auf Pappeln und Eichen folgende allgemeine Schlüsse gezogen.

Für Pappeln: Der ganze Wipfel des Baumes bleibt gesund und kräftig. Die ersten Spuren des Blitzschlages treten im allgemeinen gewöhnlich unterhalb der halben Höhe auf; sie bestehen anfangs aus starken Rissen in der Rinde, während näher gegen die Erde zu Rindenstücke und Theile des Splintes abgerissen und weggeschleudert sein können. Im Centrum der Wunde findet man häufig tiefe Spalten; die Wunden sind theils einzeln, theils mehrfach und fast immer unregelmäßig in Form und Lage; sie vermindern sich oder hören ganz auf, bevor sie den Erdboden erreichen.

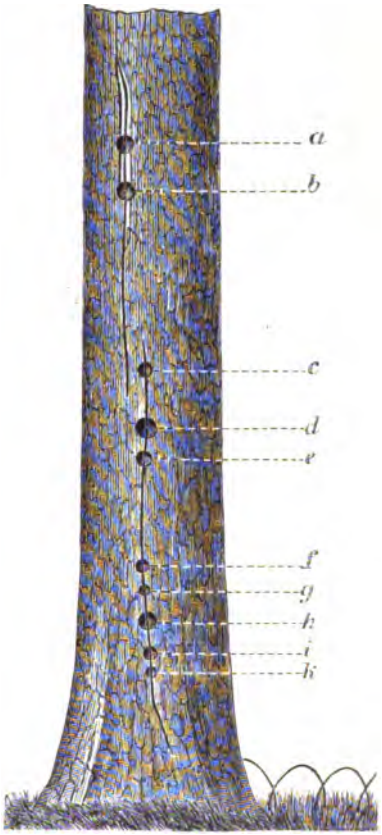
Für Eichen: Der Wipfel des Baumes wird häufig durch den Schlag zerstört. Die Verletzung beginnt in geringer Entfernung vom Gipfel und erreicht im Verlaufe weniger Decimeter Länge ihre mittleren Dimensionen, die sie dann im größten Theile ihres Verlaufes beibehält; sie geht ohne Unterbrechung mit beachtenswerter Regelmäßigkeit bis zur Erde herab. Die Mitte der Wunde ist durch eine ununterbrochene, beiläufig halbcylindrische Rinne charakterisirt, in derem Grunde man zuweilen gegen die Axe des Stammes gerichtete Spalten findet.

Es wurde behauptet, daß unter sonst gleichen Umständen in erster Linie die Eichen und am zweithäufigsten die Pappeln vom Blitze getroffen werden. Nach Colladon's Beobachtungen scheint aber das Umgekehrte der Fall zu sein, mindestens für gewisse Länder und gewisse locale Verhältnisse.

Am 17. Juli 1868 wurde eine Tanne von einem Kugelblitze getroffen. Der Wipfel in einer Länge von 0·2 Meter dieses Baumes, der bei 16·5 Meter Höhe einen Stammdurchmesser von 0·46 Meter aufwies, zeigte keine Verletzung, wohl aber bemerkte man an den Zweigen bis auf 1·1 Meter abwärts vom Gipfel, daß die Nadeln in ihren Spitzen versengt erschienen:

im Uebrigen waren hier bis auf 8 Meter nach abwärts zu keine Verletzungen zu finden. Von da ab äußerte sich der Blitzschlag dadurch, daß er drei aufeinanderfolgende Spalten erzeugte. Figur 217 zeigt den unteren Theil des Stammes bis zu einer Höhe von 0·2 Meter; besonders bemerkenswert hieran sind die Flecken oder Kreise a bis k, die wir hier in ähnlicher Weise, aber bedeutend größer auftreten sehen, wie bei dem oben berichteten Blitzschlag in eine Pappel. Die Durchmesser dieser kreisförmigen Spuren bei der Tanne betragen 3 bis 5 Centimeter; die Flecke sind im Centrum vertieft auf 1 bis 1·5 Millimeter, befinden sich auf der Oberfläche des jungen Holzes und zeigen namentlich an den Rändern dunkler braune Färbung. Sie wurden von den Spalten in der Mitte oder seitlich durchschnitten und scheinen ebenso durch Austrocknung entstanden zu sein, wie die analogen Spuren auf der Pappel. In den Figuren 218, 219 und 220 ist einer dieser Flecke (bei a) in natürlicher Größe dargestellt, und zwar in einer Draufsicht auf die Rinde, in einer solchen nach Abnahme der Rinde, aber auf das Holz, und in einem Querschnitte.

Fig. 217.



Vom Blitze getroffene Tanne.

Vielleicht hängt die Erzeugung solcher kreisförmiger Flecke mit dem Auftreten der Kugelblitze zusammen, wie ein solcher bei der Pappel allerdings von keiner Person wahrgenommen wurde, wo aber auch keine Person so nahe bei dem Baume sich befand, wie bei dem Kugelblitze, der auf die Tanne fiel, dies der Fall war.

Thury hat die Spuren mikroskopisch untersucht, aber keine Spur eines Absatzes irgendwelchen Stoffes entdecken können; die dunkle Färbung ist nur eine solche, wie sie durch Austrocknung infolge Annäherung eines heißen Eisens bewirkt wird. Die zehn Flecke auf der Tanne sind, was Form und Ansehen anbelangt, identisch mit den sieben Flecken auf der Pappel und unterscheiden sich von letzteren nur durch die Größe.

Bei Blitzschlägen auf Ulmen und in ähnlicher Weise bei solchen auf Nußbäume hat Colladon beobachtet, daß Blitzspuren an den Aesten auftreten, dann weiter verlaufen bis zum Stamme und dort zusammenfließen, gleich den Nebenflüssen zu einem Hauptflusse; hierbei bleiben sie zuweilen noch auf längere oder kürzere Strecken hin von der Hauptwunde am Stamme unterscheidbar, obwohl sie mit dieser verlaufen. Birnbäume wurden mit herabgeschlagenen, selbst unverletzten Aesten gefunden; hierbei war der Stamm gespalten oder ganz zerschmettert und die Erde am Fuße des Baumes aufgewühlt.

Für besonders geeignet, die Wirkungsweise des Blitzes auf Vegetabilien zu studiren, hält Colladon die Weinreben, wenn diese auf Stöcken alle bis auf gleiche Höhe gezogen werden. Dann bietet sich eben dem Blitzschlage eine ebene zur Erdoberfläche parallele Vegetationsfläche dar, auf der alle Punkte gleichwertig sind, während bei Bäumen mancherlei Umstände das Eintreten des Blitzschlages überhaupt und seine Wirkungen im Besonderen beeinflussen. Schlägt der Blitz in Weinstöcke solcher Art, so sieht man schon von weitem eine kreisförmige Fläche, welche sich auf der Oberfläche der Weinstöcke sehr deutlich abgrenzt, infolge zahlloser ziegelrother Flecken, welche eine große Menge der Blätter erhalten hat. Diese in Form und Größe sehr unregelmäßigen Flecke bedecken ein Viertel, ein Drittel, zuweilen sogar die Hälfte der Oberfläche der Blätter und stellen sich dem Auge sehr scharf ohne Zwischenfarbe vom Grün der Blätter abgegrenzt dar. Außerdem unterscheidet man auch noch zahlreiche andere unregelmäßige Flecken von tief grüner, etwas schwärzlicher Farbe. Die Durchmesser solcher durch den Blitz getroffenen Kreisflächen hat Colladon mit 14 bis 15 Meter gemessen. Das Centrum der stärksten Blitzwirkung und jenes des Kreises fallen hierbei nicht vollständig zusammen. In dem betroffenen Kreise findet man ungefähr ein Drittel der Blätter gefleckt in drei Farben, nämlich Ziegelroth, schwärzliches Olivengrün und natürliches helleres Grün; ein anderes Drittel der Blätter zeigt Flecken in zwei Farben, nämlich in Dunkelgrün und in Hellgrün, und endlich ein drittes Drittel zeigt gar keine Flecken und hat die ursprüngliche Farbe erhalten. Im Centrum der Blitzwirkung befinden sich die Blätter mit den Flecken in zwei Farben, und hierauf folgen, vom Centrum gegen den Umfang des Kreises zu die Blätter mit Flecken in drei Farben und schließlich die Blätter des letzten Drittels. Im Centrum zeigen natürlich auch die Weinstöcke mannigfache Verletzungen.

Colladon hat die Resultate seiner Studien über Blitzschläge auf Vegetabilien in nachstehende Sätze zusammengefaßt:

1. Indem der Blitz auf eine Vegetationsfläche von bestimmter Ausdehnung fällt, breitet er sich in eine Art Büschel aus, bildet eine Art Schwall und trifft gleichzeitig eine große Menge von Blättern oder Zweigen.

Fig. 218.

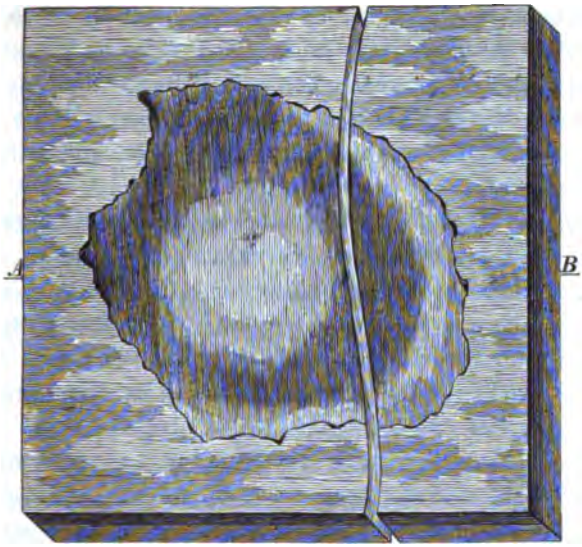


Fig. 219.

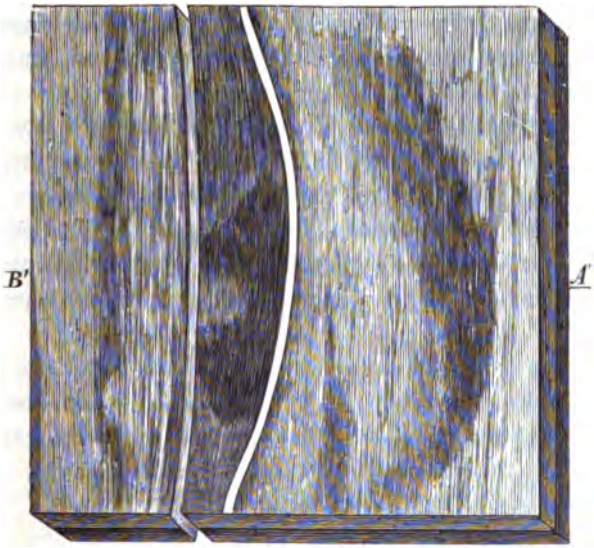


Fig. 220.

Blitzspuren auf einer Tanne.

2. Wenn die getroffene Fläche in Bezug auf ihre Vegetation eine gleichförmige ist, wenn sich die Blätter und Zweige zu gleicher Höhe erheben und annähernd gleiche Empfänglichkeit besitzen, so macht sich der elektrische Schlag auf einer fast kreisförmigen ununterbrochenen Fläche geltend, die wohl begrenzt ist, ein Centrum stärkster Wirkung aufweist, welches mit dem Centrum der Fläche nicht zusammenfällt, und von welchem aus die Blitzwirkung gegen den Kreisumfang zu abnimmt.

3. Wenn die Vegetationsfläche von annähernder Gleichheit in Bezug auf ihre Nähe und die Leitungsfähigkeit der Blätter und Zweige, Unregelmäßigkeiten in ihrer Form oder Höhe darstellt, wie dies bei der Oberfläche eines Baumes oder Waldes der Fall ist, so vertheilt und zerstreut sich die Wirkung eines Blitzes auf eine Fläche von nennenswerter Ausdehnung und kann mit einem Schlage den ganzen Gipfel eines oder selbst mehrerer getrennter Bäume einhüllen oder treffen. Es ist wahrscheinlich, daß in diesem Falle mehrere Wirkungsarten existiren und daß der Blitzstrahl für jeden dieser Fälle eine verschiedene durch die von ihm getroffenen Wipfel bestimmte Form annimmt.

4. Aus dieser Zerstreuung der elektrischen Wirkung auf Vegetabilien folgt, daß ein Blitzschlag bei gleicher Stärke und unter sonst gleichen Umständen viel stärkere Verletzungen bewirkt, wenn er auf isolirte Bäume trifft, wie auf nicht isolirte. Diese Abschwächung der elektrischen Energie erfolgt auch dann für die umgebenden Bäume, wenn der umgebene Baum allein die Spuren des Blitzes aufweist.

5. Trifft der Blitzstrahl an Stelle von vielen Gipfeln oder Zweigen eine Ansammlung von Thieren, welche in Bezug auf Größe und elektrische Leitungsfähigkeit gleichwertig sind, eine Versammlung von Menschen, eine Schafherde u. s. w., so kann ebenfalls durch einen Blitzschlag eine beträchtliche Anzahl lebender Wesen direct und vollkommen gleichzeitig verwundet werden, da jener sich auch in diesen Fällen als Funkenbüschel oder Blitzschwall geltend macht.

6. Die hier aufgezählten Punkte beziehen sich auf Blitze, die uns als einfache Lichtstrahlen erscheinen, und sind von jenen zu unterscheiden, bei welchen der anfänglich einfache Blitzstrahl sich im weiteren Verlaufe gegen das Ende zu in mehrere Theilstrahlen verzweigt, die dann einzeln, einige hundert Meter von einander entfernt, den Boden erreichen.

Wie wir aus Vorstehendem entnehmen können, hat die an der Spitze dieser Erläuterungen gestellte Frage, ob die Baumart die Häufigkeit der Blitzschläge bestimme, keine endgiltige Beantwortung gefunden. Zwar hielten schon die Alten den Lorbeerbaum für gefeit gegen Blitze, behaupten die Chinesen die Unverletzlichkeit des Pfirsich- und Maulbeerbaumes, sprach Sestier dem

Blitze eine besondere Vorliebe für Eichen zu, während wieder Colladon's Beobachtungen auf eine Bevorzugung der Pappeln schließen lassen würden, weist die Zeitschrift »Das Wetter« nach, daß unter 265 Blitzschlägen auf Bäume in den letzten zehn Jahren (von 1876—1886) 165 auf Eichen kommen; erklärt Symons, daß in Nordamerika hauptsächlich die Ulme, der Nußbaum, die Eiche und die Fichte, in England die Ulme, die Eiche, die Esche und die Pappel vom Blitze besonders bevorzugt werden, so scheint doch aus allen wenigstens bisher bekannt gewordenen Beobachtungen kein halbwegs verläßlicher Schluß daraus gezogen werden zu können in Bezug darauf, ob der Blitz gewisse Baumarten bevorzugt, oder umgekehrt solche verschont. Warum ein Baum getroffen wird und ein naheſtehender ebenso hoher oder vielleicht höherer Baum anderer Art nicht, kann übrigens durch so vielerlei Nebenumstände, wie z. B. infolge verschiedenen Saftgehaltes und verschieden kräftiger Entwicklung beider Bäume, durch ihr verschiedenes Alter, durch ihre Verbindung mit dem Boden, beziehungsweise mit dem Grundwasser, durch die Beschaffenheit des Bodens selbst u. s. w. erklärt werden und wird thatsächlich durch solche Umstände bestimmt, daß es, wenigstens so lange kein ausreichendes und verläßliches Beobachtungsmateriale dazu drängt, kaum angezeigt erscheint, bezüglich des Verhaltens der Blitzschläge gegen einzelne Baumarten eine bestimmte Ansicht auszusprechen. Selbstverständlich entfällt hierdurch auch die Beantwortung der weiteren Frage: Wodurch wird der Blitz von diesen Baumarten besonders angezogen, von jenen nicht?

Doch haben wir, bevor wir von den Blitzwirkungen auf Vegetabilien Abschied nehmen, noch eine Frage näher zu beleuchten, die eine lebhafte Discussion hervorgerufen hat; diese bezieht sich darauf, wie die durch den Blitz an Bäumen bewirkten Zerstörungen zu erklären seien. Mit der Beantwortung dieser Frage hat sich bereits Arago beschäftigt.*) Er erinnert an die bedeutenden mechanischen Wirkungen, die der Blitz hervorruft, an die Zertrüm-

*) Wie Stricker berichtet, hat auch Ausfeld aus Schnepfenthal gelegentlich eines im Jahre 1804 erfolgten Blitzschlages auf eine Weißtanne, wodurch diese gespalten wurde, die Bemerkung daran geknüpft: »Bei diesem Anblicke und der aufmerksamen Betrachtung des Baumes drängt sich mir der Gedanke auf, daß dies alles die Wirkung einer aus dem Innern des Stammes hervorgebrochenen, elastischen, gasförmigen Flüssigkeit sein müsse. Sollte es nicht wahrscheinlich sein, daß durch die das Innere des Stammes durchströmende Blitzmaterie, Säfte des Stammes plötzlich in eine solche elastische Flüssigkeit verwandelt werden, die dann durch ihre Expansivkraft die Hülle zertrümmert, welche sie verhindert, sich mit der äußeren atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht zu setzen? — Man hat ja durch die weit schwächeren elektrischen Funken einer Maschine, sowie durch den galvanischen Apparat, tropfbare Flüssigkeiten in einen luftförmigen Zustand versetzt.«

merung fester Körper und an das Auseinanderschleudern ihrer Theile, und fährt dann fort:

Dieser Umstand (das Auseinanderschleudern) ist schwer in Einklang zu bringen mit einer Erklärung der mechanischen Wirkungen des Blitzes, die sich allein auf die Theorie des Stoßes der Körper gründete. Er würde dagegen sehr einfach aus der Hypothese hervorgehen, daß der Blitz durch sein Erscheinen im Innern der Körper, in die er eindringt, ein äußerst elastisches Fluidum entwickelt, dessen Spannkraft nothwendig nach allen Seiten hin wirken muß. Ob es wohl gewagt wäre, anzunehmen, daß dieses elastische Fluidum nichts anderes als Wasserdampf sei? Die Materie des Blitzes schmilzt oder erhitzt wenigstens plötzlich bis zum Glühen Metalldrähte von geringer Dicke; muß man nicht daraus schließen, daß sie ebenfalls die dünnen Wasseradern, welche sie auf ihrem Wege antrifft, glühend machen muß? Aus der Tabelle, welche Dulong und ich über die Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen gegeben haben, folgt, daß dieselbe etwa 45 Atmosphären beträgt, wenn die Temperatur des Wassers den 260. Grad der hunderttheiligen Scala erreicht. Welche Kraft muß dieser Wasserdampf nicht haben bei der viel höheren Temperatur des rothglühenden Eisens? Eine solche Kraft würde augenscheinlich hinreichen, um in Bezug auf die Stärke alle uns bekannt gewordenen mechanischen Wirkungen des Blitzes zu erklären. Diejenigen, welche einer Thatsache den Vorzug geben vor einer theoretischen Herleitung, brauchen nur die Metallgießer nach den schrecklichen Wirkungen zu fragen, welche ein einziger in einer Form vorhandener Wassertropfen hervorruft, sobald das glühende Metall hineinfließt, um auf ganz directem Wege zu demselben Schlusse zu gelangen.

Nehmen wir nun an, es sei etwas Feuchtigkeit in den Rissen und kleinen Höhlungen eines Steines vorhanden, so wird, wenn der Blitz diesen Stein trifft, die plötzliche Dampfentwicklung ihn zersprengen und seine Stücke nach allen Richtungen weit fortschleudern. (S. 576 u. f. 577). Unter gleichen Umständen wird die augenblickliche Verwandlung des in der Erdschicht, auf welcher die Grundmauern eines Hauses ruhen, vorhandenen Wassers in Dampf von außerordentlicher Spannkraft hinreichen, um das ganze Haus in die Höhe zu heben und eine Strecke zu verrücken. (S. 583.) Als Watt zum erstenmale die hohlen verglasten Röhren sah, welche der Blitz im Sande erzeugt hatte, rief er augenblicklich: Das ist die Wirkung der Spannkraft von Dämpfen, welche der Blitz beim Durchschlagen des Sandes erzeugte. — Indes scheint mir nichts anderes in so klarer und unmittelbarer Weise auf die Wirkung des Wasserdampfes hinzuweisen, als die eigenthümliche Zerstückelung, welche Holz durch einen Blitzschlag erleidet.«

Arago unterstützt diese seine Ansicht, daß der durch den Blitz erzeugte Wasserdampf die unmittelbare Ursache der an Bäumen durch Blitzschläge verursachten Beschädigungen und Zerstörungen sei, durch Anführung zahlreicher Beispiele, in welchen der Blitz die betreffenden Bäume vollkommen zerschmettert, in dünne Latten zerlegt oder theilweise in Faserbüschel zertheilt hat. (Siehe auch 640.)

Auch Cohn ist der Ansicht, daß der Wasserdampf die unmittelbare Ursache der Zerstörungen an Bäumen sei, die durch den Blitz getroffen werden, und ebenso sieht Lakowitz namentlich in dem Blitzschlage auf die Birke (S. 641) eine Bestätigung dieser Annahme, die allseitig gleich feste, lederartige Beschaffenheit der Birkenrinde habe, bei hinreichender Intensität des Blitzschlages naturgemäß dahin führen müssen, daß die Rinde nach allen Seiten gleichmäßig vom Stamme losgesprengt werde.

Braun ist jedoch der Ansicht, daß die gewöhnlichen und die allerhäufigsten Fälle, in welchen man scharf begrenzte, rinnenartige Ausfurchungen des Holzkörpers, in Verbindung mit dem Umstande, daß die Rinde, wenn auch in breiterer Erstreckung, doch nur in der Richtung dieser Furche und keineswegs im ganzen Umfange des Stammes abgelöst oder aufgelockert ist, beobachtet, gegen Cohn's Erklärung sprechen, wonach der Blitz im ganzen Umfange des Stammes durch das Cambium geleitet werde, und die Ablösungsrichtung eines Rindenstreifens nicht die Bahn des Blitzes, sondern nur die Stelle bezeichnen soll, in der die Rinde der Explosion den geringsten Widerstand bietet. Die Bahn des Blitzes ist allerdings zunächst nicht durch den Rindenstreifen, wohl aber durch die Furche im Splint bezeichnet, während die Kraft des auf seiner Bahn durch das feuchte Gewebe des jungen Holzes gebildeten Dampfes die Rinde in einer gewöhnlich über diese Furche hinausgehenden Breitenerstreckung absprengt.

Auch Colladon spricht die Ansicht aus, daß die Blitzwirkungen auf Bäume nicht allein der durch den Blitz bewirkten plötzlichen und heftigen Wasserverdampfung zugeschrieben werden können, sondern daß neben der Dampferzeugung auch noch heftige elektrische Anziehungen und Abstoßungen zur Geltung gelangen.

2. Blitzwirkungen auf Menschen und Thiere.

Nicht nur die Alten hatten von den Wirkungen des Blitzes auf lebende Wesen und namentlich auf den Menschen zum Theile sehr wunderliche Vorstellungen (vergl. S. 100 u. f.), sondern auch lange nach ihnen, ja theilweise sogar bis in die neuere und neueste Zeit hinein herrschten diesbezüglich noch

mancherlei Aberglaube und große Unwissenheit. Zwar soll hiermit keineswegs gesagt werden, daß wir gegenwärtig alle hierher gehörigen Erscheinungen zu erklären vermögen — davon sind wir noch weit entfernt — doch hat man sich gegenwärtig daran gewöhnt, Blitzschläge als Naturerscheinungen aufzufassen, und sie von diesem Standpunkte aus, ohne Wunderglauben und ohne vorgefaßte Meinungen, sorgfältiger zu beobachten und nüchtern zu beurtheilen. Gelegenheit hierzu bietet sich leider nur zu oft dar: man sehe nur nach in den Sammlungen von Berichten über Unglücksfälle dieser Art (z. B. bei Arago, Reimarus, Hemmer, H. J. Klein, Sestier und Méhu, Fonvielle u. s. w. u. s. w.); aber auch die statistischen Zusammenstellungen zeigen deutlich, daß eine bedeutend größere Anzahl von Menschen und Thieren dem Blitzstrahle alljährlich zum Opfer fällt, als man vielleicht anzunehmen geneigt ist.

Wie La lumière électrique mittheilt, sind nach den in Frankreich gesammelten statistischen Daten 4609 Personen durch den Blitz augenblicklich getödtet worden in jenem kurzen Zeitraume, in welchem man diese Fälle aufzeichnet und sammelt; hiernach ergibt die Berechnung im Mittel für Frankreich 100 Todesfälle pro Jahr. Seit einigen Jahren hat man dafür Sorge getragen, daß in dieser Statistik die Geschlechter geschieden werden, und hierbei stellte sich heraus, daß der Blitz das starke Geschlecht bevorzugt, das schöne aber etwas mehr verschont. Die Ursache dieser Galanterie ist aber einfach darin zu suchen, daß zu den ländlichen Arbeiten im Freien mehr Männer als Weiber verwendet werden. Man zählte von 1854 bis 1884, das ist also in einer Periode von dreißig Jahren, 2222 Männer und 929 Weiber, welche vom Blitzstrahle sofort getödtet wurden. Die Zahl der Verwundeten oder überhaupt nur getroffenen Personen ist fünfmal so groß als die der Erschlagenen; gering ist jedoch die Zahl derer, die vom Blitze getroffen wurden und erst infolge der hierbei erlittenen Verletzungen früher oder später starben. Die größte Anzahl der dem Blitze zum Opfer gefallenen Menschen zählte man in folgenden Jahren:

im Jahre 1874 mit 178
» » 1878 » 156
» » 1881 » 147 und
» » 1883 » 143

In Preußen wurden, wie Heusner der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Magdeburg mittheilte, einer amtlichen Zusammenstellung zufolge in den Jahren 1854 bis 1857 511 Personen vom Blitze getroffen.

Dem Verfasser ist allein im Jahre 1886, ohne besonders zu sammeln, sondern nur aus mehr oder weniger zufällig gelesenen Zeitungsnachrichten

aus einem beschränkten Gebiete Oesterreichs über Blitzschläge auf lebende Wesen folgendes bekannt geworden: Nach einer statistischen Zusammenstellung schlug im Jahre 1886 der Blitz in den zu den Bezirkshauptmannschaften Waidhofen a. d. Thaya und Zwettl gehörigen Ortschaften — im sogenannten Waldviertel — 56mal in Wohnhäuser oder Wirtschaftsgebäude, wodurch im Ganzen 173 Objecte ein Raub der Flammen wurden; außerdem hat der Blitz 14 Menschen getödtet. — In Kopreinitz traf der Blitz eine Magd, lähmte eine Henne an einem Bein und tödtete elf Küchlein (S. 614). — Bei Vilis wurde eine Frau erschlagen, in Amaliendorf eine gelähmt (S. 615). Aus Prag wurde berichtet, daß bei dem Gewitter am 23. Juli der Blitz in ein entlegenes Haus in Hloupetin einschlug, einen Knaben tödtete und zwei Frauen am Rücken schwer verletzte; ein Arbeiter sammt Frau erlitten leichte Wunden, nur ein zweijähriges Kind blieb unverletzt. — Am selben Tage ging von 12 Uhr Mittags bis fast 6 Uhr Abends über Trautenau, Krieblitz, Basnitz, Hohenbruck, Regnitz, Altenbuch, Weigelsdorf und Pilisdorf ein fürchterliches Gewitter nieder. Der Hagelfall währte durch etwa drei Stunden mit kurzen Unterbrechungen. Der Blitz schlug oftmals ein, tödtete in Krieblitz einen Ziegelstreicher, in Hohenbruck, Weigelsdorf mehrere Stück Vieh. — Am 23. Juli ging über Preßburg ein heftiges Gewitter nieder. Der Blitz schlug an drei Stellen ein, zuletzt in das Palais Karacsonyi, welches Erzherzog Friedrich sammt Familie bewohnt. Der Blitz schlug in das Kuppeldach ein, fuhr, sich theilend, in die Wäschkammer und durch den großen Salon, wo derselbe ein zwei Schuh breites Loch bohrte, in das Treppenhaus, in welchem die Erzherzogin mit ihren Kindern verweilte. Außer einer kleinen Erschütterung ereignete sich jedoch kein Unfall. — Aus Graz wurde unter dem 16. Juli berichtet, daß der Blitz in der Gemeinde Rothleiten einige Tage vorher einen während eines Gewitters mit Heuarbeiten beschäftigten Taglöhner getödtet, einen Knecht zu Boden geworfen und betäubt hat. — Am 7. desselben Monats schlug während des Gewitters der Blitz in die Küche eines Grundbesitzers in Trennstein bei Weiz, wodurch eine in derselben beschäftigte Magd getödtet und das Weib des Grundbesitzers betäubt wurde; letztere wurde jedoch bald wieder zum Bewußtsein gebracht. — Der Grundbesitzer Spieß zu Eichberg in Unter-Steiermark hatte sich während eines Gewitters unter einen hohen Kirschbaum geflüchtet und wurde vom Blitze getödtet. — Am 18. Juni wurde der Thurmwächter und dessen Familie am Grazer Schloßberge vom Blitze getroffen. (S. 561.) — Am 3. Juni ging über Aspang ein heftiges Gewitter nieder. Ungefähr zehn Schritte von einer Mühle entfernt schlug der Blitz in einen Baum ein und entzündete denselben. Einen Müllerburschen streifte der Blitz an dem linken Arme und ein achtjähriges Kind des

Müllers am Unterschenkel; zum Glücke wurde keine der beiden Personen ernstlich beschädigt und sie erholten sich rasch von der vorübergehenden Betäubung. — Am selben Tage wurde in Krakau während eines Gewitters eine Frau durch einen Blitzschlag verwundet und in dem Vororte Krowodza wurden zwei Bäuerinnen getödtet und zwei schwer verwundet. — Bei Pilzno wurden zwei Bauernmädchen im Felde getödtet, ebenso bei Chrzanow ein Bauer. Fast alle sind verunglückt, weil sie sich während des Unwetters unter Bäume geflüchtet hatten. — Ebenfalls am selben Tage ging auch über Spital am Semmering ein mehrstündiges Gewitter nieder, wobei der Blitz im Carinhofe bei Steinhaus drei Stück Vieh im Stalle erschlug, ohne daß merkwürdigerweise die Stellen, wo der Blitz seinen Ein- und Ausgang nahm, wahrzunehmen wären.

Beispiele von Blitzschlägen, durch welche Menschen oder Thiere getroffen worden sind, lassen sich leicht in großer Menge zusammenstellen; wir hatten selbst schon wiederholt Gelegenheit bei Besprechung anderer Erscheinungen nebenher auch solcher Fälle zu gedenken. (S. 400, 401, 402, 411, 423, 573, 592, 593, 602, 603, 610, 613, 626.) Trotz dieser leider sehr zahlreichen Fälle sind doch jene Unglücksfälle nicht allzuhäufig beizubringen, von welchen genaue und zuverlässige Beobachtungen oder Berichte vorliegen. Einige Fälle dieser Art mögen daher nachstehend noch mitgetheilt werden.

Nach einem von Mayer erstatteten Berichte erzählt W. Stricker wie folgt: Am 25. Juni 1785 schlug ein Blitz in die Gubener Thorwache zu Frankfurt a. d. Oder und traf vier auf der Bank vor der Wache sitzende Soldaten, unter welchen die beiden, Lüdecke und Unterofficier Schulze, am interessantesten sind.

Am Nacken des Lüdecke, Figur 221, war das Haar verbrannt und die Haut in Blasen erhoben. Von dieser Stelle ging ein starker rother, mit Ausstrahlungen versehener, von ausgetretenem Blute gebildeter Streif nach der Länge des Rückgrats herab, bis er sich in der Kreuzgegend links zuerst herabkrümmte, und dann rechts wiederum etwas hinaufstieg. Aus diesem Streif entstanden mehrere ähnliche schwächere Seitenstreifen, und der stärkste unter ihnen, welcher zur rechten Seite herablief, endete an drei Orten: 1. vorne über der rechten Schulter; 2. an der rechten Brust; 3. an der rechten Hälfte in noch feinere strahlige Aeste. Ferner lief noch ein besonderer ähnlicher, mit Blut unterlaufener feiner Streif von der Mitte der rechten Wade des Lüdecke bis zur Ferse herab, und auf der Mitte der linken Wade dieses Mannes hatte sich auch noch ein mit Blut unterlaufener einzelner strahliger Stern gebildet. Dem Wadenstreif des Lüdecke entsprechend, waren auch seine Strümpfe versengt.

Bei dem Unterofficier Schulze, Figur 222, fand man oben und vorwärts am linken Oberschenkel eine von unterlaufenem Blute gebildete sonnenartige Gestalt. Sie hatte einen kleinen, länglichrunden Mittelpunkt, von dessen Umfang nach allen Richtungen viele strahlige Streifen fortliefen, welche wiederum mit vielen kleineren Seitenstrahlen versehen waren. Ferner ging auch noch am rechten Unterschenkel des Schulze ein ähnlicher zackiger und allenthalben seitwärts strahliger Streif herab und dem entsprechend war der Strumpf versengt.

Hieraus kann man ganz gut ermitteln, welche Stellung die beiden Soldaten in dem Augenblicke innehatten, da sie vom Blitze getroffen wurden. Lüdecke saß mit parallel ausgestreckten Beinen, deshalb blieben die Schenkel von Verletzungen frei, nur die rechte Ferse als Absprungstelle wurde leicht verwundet. Schulze dagegen hatte den rechten Schenkel über den linken gelegt und die dadurch gehinderte Leitung erzeugte die anfängliche Verbrennung des linken Oberschenkels; die Absprungstelle bei Schulze war der innere Knöchel des rechten Fußes.

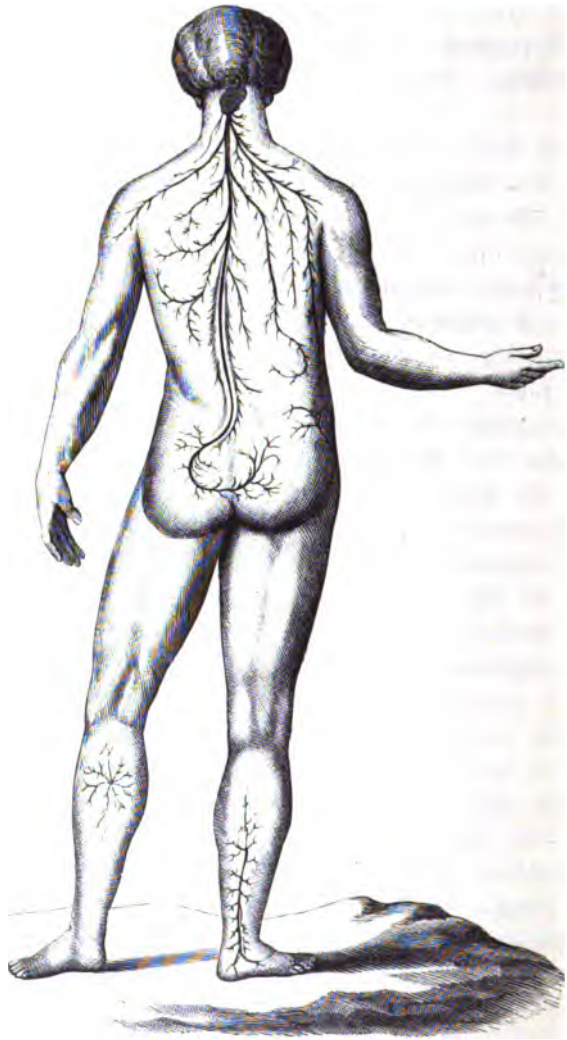
Der eingehende Bericht, den Heusner in der oben genannten Versammlung über einen Blitzschlag erstattet hat, lautet nach der »Elektrotechnischen Rundschau« wie folgt:

Am Sonntag den 13. Juli 1884 sollte ein Wettrennen in der Nähe von Barmen abgehalten werden und es hatten sich hierzu zahlreiche Zuschauer eingefunden, die sich auch von einem heraufziehenden Gewitter nicht verscheuchen ließen. Der Rennplatz war mit einer Leinwand, die mit Hilfe eingerammter Holzpfähle aufgespannt war, umgrenzt, und da diese Wand vor Wind und Regen Schutz versprach, so drängte sich das Publicum zu ihr hin und nahm in einer Reihe vor derselben Aufstellung. Plötzlich fuhr ein Blitzstrahl nieder und streckte 20 vor derselben postirte Personen zu Boden. Vier der Getroffenen waren sogleich todt, 16 andere erholten sich innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Minuten bis zu einer Stunde, trugen aber der Mehrzahl nach erhebliche Beschädigungen davon. Nach Mittheilung von Personen, die bei dem Blitzschlage zugegen waren, zeigten die Getroffenen leichenblasse Farbe, entstellte Gesichtszüge und auffallend kalte Extremitäten.

Die weit am schwersten verletzte Ehefrau St., welche im städtischen Krankenhause unter Behandlung kam, verspürte nach Wiederkehr des Bewußtseins heftigen Schwindel, »als ob sich ein Carousel in ihrem Kopfe drehe«, war auch bis zum folgenden Tage apathisch und schwerbesinnlich, klagte über große Abgeschlagenheit und Gliederschmerzen. Ihre Unterschenkel waren viele Stunden lang bleich und kühl; sie empfand darin Taubheit und Griebeln, in den Fußsohlen aber stechende Schmerzen. Hinter dem linken Ohre bis zur

Schulter hin erſtreckte ſich ein handtellerbreiter, unregelmäßig geſtalteter Brandfleck, auf deſſen mittleren Partien die Haut in einen tiefgreifenden, lederartigen

Fig. 221.

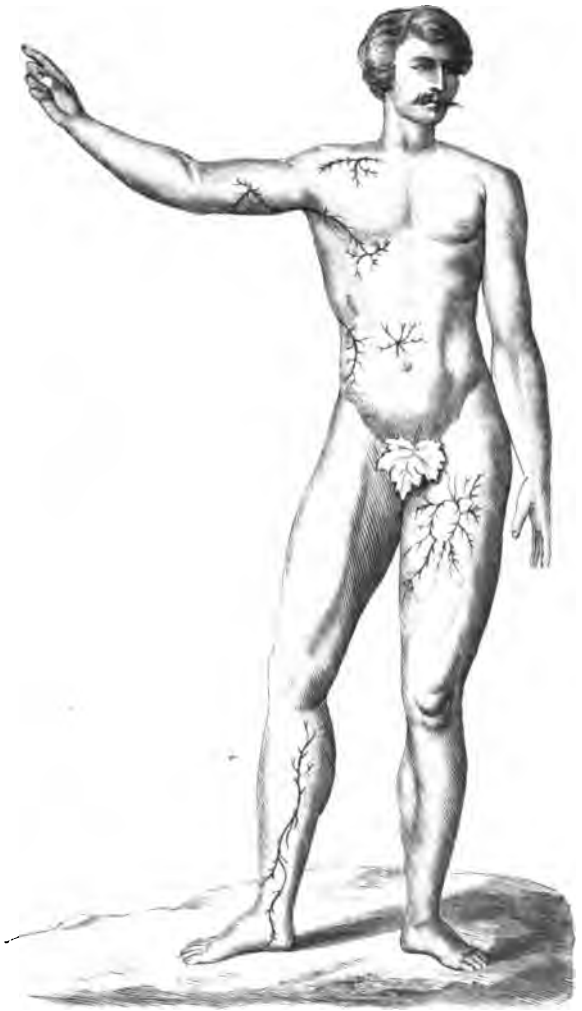


Lüdecke. (S. 658.)

Schorf verwandelt war. Leichtere Hautverſengungen und geröthete Stellen waren auf der rechten Bruſthälfte, am rechten Ober- und Unterarm zu ſehen. An den Fußſohlen fanden ſich beiderſeits einige zwanzig linſen- bis groſchengroße

rundliche weißgraue Flecken mit durchlöchertem Centrum und einer Umrahmung von losgelösten und theilweise angesengten Epidermismassen. Die Flecken saßen

Fig. 222.



Schultze. (S. 659.)

hauptsächlich an den Rändern des Fußes und der Zehen und zeigten in den ersten Tagen sehr wenig Reaction, während die Brandwunden am Oberkörper bereits am folgenden Tage sich zur Eiterung anschickten. Ihrer Gestalt nach

erinnerten sie einigermaßen an die runden, nach beiden Seiten hin aufgeworfenen Löcher, welche der elektrische Funke in Kartenblätter zu schlagen pflegt. Diese eigenthümlichen Verletzungen der Fußsohlen, die bei allen erheblicher Verletzten vorhanden waren, sind nirgends beschrieben.

An dem Fußtheile der Strümpfe ließen sich nicht weniger als 24 Oeffnungen verschiedener Größe abzählen. Dieselbe Anzahl von Löchern fand sich auch an den Zeugschuhen der Verunglückten. Alle Durchlöcherungen saßen, wie an Fuß und Strumpf, so auch hier in der unteren Umrandung des Oberzeuges, und nur zwei nadelfeine Durchbohrungsstellen finden sich in der Fußsohle selbst. Kaum größer waren die Oeffnungen, welche in den Lederstiefeln eines der Erschlagenen vorhanden waren, und es ist wahrhaft wunderbar, daß ein Blitzstrahl, welcher ausreicht das Leben zu vernichten, durch so unscheinbare Pförtchen seinen Ausgang nehmen konnte. Bei genauerem Zusehen bemerkte man, daß auch die Oeffnungen in den Lasting-Oberzeug sehr klein, in der leinenen Unterfütterung etwas größer waren, aber immer noch nicht so groß wie im Strumpfe. Bei Personen, welche Nagelschuhe trugen, waren jedoch an den Sohlen keine Oeffnungen vorhanden, offenbar weil die Nägel selbst dem Blitze als Leiter dienten. Die Beschädigungen der übrigen Kleidungsstücke waren bei den meisten Verunglückten sehr ähnlich. An der Stelle, wo die Haut Brandwunden zeigte, also bei Frau St. auf der linken Schulter, zeigten Rock oder Mantel mehrere kleine runde Löcher von höchstens $^1/_2$ Centimeter Durchmesser; im Futter und Unterzeug nahmen die Löcher an Größe zu; im Hemd fand sich eine markstück- bis thalergroße versengte Oeffnung. Ausschnitte aus der Kleidung eines Knaben, regelrecht übereinander gelegt, zeigen an fünffacher Lage stufenweise Vergrößerung der Oeffnungen. Auch an dem Hute eines dreizehnjährigen Knaben fand sich das nämliche Verhältniß: Drei kaum federstielstarke Löchelchen außen im Filze und darunter im Futter große versengte und zerfetzte Oeffnungen. Der Hut mit seinen mehrfachen Durchlöcherungen, sowie die Beschädigungen der übrigen Kleidungsstücke beweisen, daß der Blitz meist nicht einfach, sondern in mehreren Strahlen, ja oft in ganzen Garben auf die Getroffenen niederfällt. (Dies scheint also Colladon's Ansichten über die Form der Blitzschläge zu bestätigen.) Die Zunahme der Zerstörungen in den tieferen Bedeckungsschichten rührt offenbar daher, daß der elektrische Strom an der schlecht leitenden Epidermis den bedeutendsten Widerstand findet und daher hier und in der nächsten Umgebung seine stärksten Wirkungen entfaltet. Der Widerstand der Epidermis ist es auch, welcher die Elektricität veranlaßt, die Haut an einzelnen Centren gewaltsam zu durchbrechen, wobei es ohne bedeutende Beschädigungen nicht abgeht. Wenn man von den leichter Getroffenen (deren im Ganzen neun waren),

die nur einige Beulen, leichte Brandstreifchen, geröthete Stellen oder auch gar keine sichtbaren Verletzungen hatten, absieht, so fanden sich am Oberkörper aller Verunglückten eine oder mehrere Brandwunden von unregelmäßiger Gestalt, von denen aus in der Regel geröthete Streifen, die sich später mit Krusten bedeckten, mehr oder weniger weit an Rumpf und Gliedmaßen hinliefen. Zuweilen waren bloß die Härchen der Haut streifenförmig versengt, zum Beweise, daß hier ein Strahl außen der Epidermis entlang seinen Weg genommen hatte; in anderen Fällen bildeten die Streifen dentritisch und rankenartig verzweigte Figuren, wie man sie unter dem Namen der Blitzfiguren in den Lehrbüchern abgebildet findet.*) Ich habe dieselben an einer Leiche, wo sie besonders ausgeprägt erschienen, eingeschnitten und, gleich anderen Beobachtern, keine Blutaustretungen oder sonstige Veränderungen wahrnehmen können.

Einmal in den feuchten Innensubstanzen des Körpers angelangt, kann der Blitz sich, ohne Schwierigkeit und ohne viel Schaden anzurichten, nach allen Seiten ausbreiten, und dies gilt insbesondere auch für Gehirn, Rückenmark und Augapfel, die zu den besten Leitern im Körper gehören. Daher sind selbst Strahlen, die den Kopf treffen, nicht immer verderblich, und gerade hier kann die Schwere der äußerlich sichtbaren Verletzungen in einem auffallenden Gegensatze stehen zu der intacten Beschaffenheit von Schädel und Hirn. Dies war z. B. der Fall bei einem 14jährigen Knaben, der mitten auf der Stirn, an der Grenze des Haarwuchses, einen markstückgroßen, die Haut bis auf den Schädel durchsetzenden Brandflecken zeigte; vier Tage nach stattgehabter Verletzung bot der Knabe, dessen Stirnhaut und obere Augenlider stark geröthet und verschwollen, dessen Wimpern versengt waren, einen wahrhaft erschreckenden Anblick dar. Als Zeichen einer nicht unbedeutenden Hirnerschütterung waren diesem Knaben die letzten Scenen des Wettrennens dauernd aus dem Gedächtnisse entschwunden, auch hatte er die ersten Tage viel erbrochen und blieb noch wochenlang schwach; dennoch blieben keinerlei dauernde Hirnstörungen bei ihm zurück. Außer der Kopfverletzung hatte dieser Knabe eine noch monatelang eiternde Brandwunde auf den oberen Brustwirbeln, von welcher ein incrustirter Verbrennungsstreifen nach abwärts führte, der, am Kreuze sich theilend, längs der Hinterfläche beider Beine zu den Fersen verlief. Seine schwerverletzten Füße waren, nach Mittheilung der Eltern, anfangs stundenlang kalt und wie abgestorben gewesen, dann aber sehr stark aufgelaufen, Erscheinungen, denen wir auch bei den übrigen schwer Getroffenen begegneten und die wohl auf anfänglichen Krampf und nachfolgende Lähmung der Gefäßmuskulatur zu beziehen sind. Es ist eine häufig berichtete und forensisch

*) Heusner meint damit wahrscheinlich positive Lichtenberg'sche Figuren.

wichtige Thatsache daß vom Blitze getroffene Personen von dem, was mit ihnen vorgegangen ist, meist keine Erinnerung haben. Der Blitz mit seiner ungeheuren Schnelligkeit betäubt und tödtet eben, ehe sein Licht durch den Sehnerv, sein Schall durch den Hörnerv zum Bewußtsein kommen kann. Die Schwerverletzten hatten keine Erinnerung von dem Blitzschlage, mehrere, und zwar gerade die leichter Verletzten, hatten jedoch eine Erinnerung behalten; sie waren offenbar erst einen Moment später in Betäubung verfallen. Ein Verunglückter erzählte, er habe gemerkt, wie er getroffen niedersank und dabei eine Empfindung gehabt, als ob er in Stücke gerissen würde. Ein anderer fühlte einen Schlag im Genick, wie mit einem dicken Pfahle und gerieth seitdem bei jedem Gewitter in heftige Angst. Ein Dritter, der noch bemerkte, wie sein ebenfalls getroffener Nebenmann ihn leichenblaß anschaute und dann hinsank, vergleicht die Erschütterung, die er vom Blitze empfand, mit dem Schlage eines schweren Hammers, der auf den Ambos niederfällt, ohne zurückzuschnellen.

Wenn Menschen vom Blitze getroffen werden, so geschieht es auch nicht selten, daß durch den Schlag die Kleider mehr oder weniger zerrissen werden. Wie Brandes erzählt, wurde ein Mädchen vom Blitze getroffen und stürzte lautlos ohne jedwede Zuckung zu Boden. Auf ihrer Brust hatte der Blitz einen guldengroßen, weißlichen Kreis, der sich strahlenförmig, verzweigte und auf der rechten Schläfe, auf welche der Blitz aufgesprungen war, einen kleinen blutunterlaufenen Fleck hinterlassen, in dessen Mitte eine kleine Oeffnung sich befand. Die Knochen waren unverletzt geblieben, aber ein großer Theil der Haare wurden verbrannt. Die Bekleidung war der ganzen Länge nach zerrissen und an einzelnen Stellen verkohlt, der hölzerne Absatz eines Schuhes, wahrscheinlich jener, von welchem der Blitz in die Erde überschlug, zerschmettert.

Am 10. November 1883 ging über Rambouillet, wie Langier erzählt, ein heftiges Gewitter mit Hagel nieder. Der Beginn des Gewitters war eben ein heftiges Niederstürzen des letzteren, während gleichzeitig ein unmittelbar vom Donner gefolgter Blitzschlag eintrat; fünf Minuten später erfolgte in einiger Entfernung ein zweiter Blitzschlag. Der erste Blitzschlag war es, welcher zwei Landleute im Alter von 50 bis 60 Jahren, Mann und Weib, tödtete; vom Hagel überrascht, hatten sie unter einer Pappel Schutz gesucht, die inmitten eines Feldes, ungefähr 500 Meter von den Häusern des Weilers Grenonvilliers (gehörig zu Rambouillet) stand. Der Baum wurde in zwei Theile gespalten; die beiden Opfer, deren Kleider zerfetzt und versengt waren, wurden hauptsächlich auf den Kopf getroffen. Die Schädel beider waren gebrochen und zeigten an ihrer oberen Hälfte je ein breites, tiefes, kreisförmiges Loch, wie von einem Projectile sehr großen Kalibers erzeugt. Eine dritte Person, eine Frau von etwa 60 Jahren, welche unter demselben Baume stand, kam mit leichten

Brandspuren auf dem Kopfe und an den Ellbogen davon; doch wurden ihre Kleider in Streifen zerfetzt. Sie erklärte, keinen Donner gehört zu haben und als sie ihre Genossen vom Blitze getroffen zusammenstürzen sah, lief sie ganz außer sich bis in den Weiler Grenonvilliers, wo sie dann die ihr nothwendige Pflege fand.

Eine sehr merkwürdige Art der Wirkung eines Blitzschlages auf Menschen erzählte Macdonald; sie bezieht sich auf einen Blitzschlag, der vor 42 Jahren (bis 1886 gerechnet) erfolgte. Am 14. August 1844, Nachmittags, befand sich Frau D... am Fenster, beschäftigt mit der Ausbesserung einer Haube. Bei Annäherung des Gewitters verließ sie das Fenster und begann mit einer Freundin zu sprechen, als sie von einem blendenden Blitze zu Boden geworfen wurde, ohne jedoch irgendeine Verletzung zu erleiden. Als sie wieder die Besinnung erlangt hatte, bemerkte man, daß die Haube in Asche verwandelt und daß die ganze rechte Seite der Frau D... gelähmt war. Die Haut zeigte nicht die geringste Spur und auch die Kleider waren ganz unverletzt; auch die Freundin hatte keinen Schaden genommen. Das Merkwürdigste ist aber, daß sich dieses Gefühl der Lähmung 42 Jahre lange erhielt; Frau D... behauptet, Gewitter vorhersagen zu können, da deren Annäherung ihren Zustand der Gefühllosigkeit verstärkt. Im Uebrigen befindet sie sich ganz wohl, hat fünf Kinder und ist trotz ihrer 78 Jahre noch sehr intelligent.

Obwohl gegenwärtig die Anwendung der Elektricität in der Heilkunde bereits eine gewisse Rolle spielt und in gewissen Fällen unleugbar Erfolge aufzuweisen hat, wird es doch gewiß überraschen, von glücklichen Curen zu hören, die der Blitz ausgeführt hat. Arago erzählt hierüber mehrere Fälle. Die beiden nachstehenden erscheinen durch die Autorität von Quatrefages vollkommen beglaubigt.

Am 20. Juni 1831 wurde ein Telegraphenbeamter zu Straßburg in seinem Häuschen vom Blitze getroffen und fiel bewußtlos zu Boden. Hals und Arme waren steif und gelähmt, ebenso die unteren Gliedmaßen. Die Lähmung der linken Seite hielt bis zum folgenden Morgen an. Dieser Beamte berichtet Quatrefages, war vor seinem Unfalle ziemlich gesund; nachdem aber seine Wunden geheilt waren, versicherte er uns oft, daß er sich in seinem Leben nicht so wohl befunden habe. Er war auffallend stärker geworden und schrieb selbst die sichtliche Verbesserung, die seine Gesundheit seit jenem Ereignisse erfahren hatte, dem Blitzschlage zu.

Am 10. Juni 1835 wurde auf Martinique ein Herr Roaldès vom Blitze getroffen und fiel, an den unteren Gliedmaßen und dem rechten Arme gelähmt, zu Boden; aber diese Lähmung war nicht von langer Dauer, sie verlor sich durch fleißiges Frottiren, drei Stunden nach dem Ereignisse war

keine Spur mehr davon vorhanden. Roaldès, dessen Gesundheit vorher zerrüttet war, wurde infolge dieser heftigen Erschütterung wieder hergestellt.

Eine nicht minder auffällige und noch der Erklärung ihrer Ursachen harrende Erscheinung ist die, daß vom Blitze Getödtete die Stellung beibehalten, welche sie innehatten, bevor sie der Blitz traf. Jules Rouyer hat eine größere Anzahl solcher Beispiele in der Zeitschrift »La Nature« zusammengestellt. Wir wollen uns mit der Erzählung einiger derselben begnügen.

Fig. 223.

Beibehaltung der Stellung nach dem Tode durch Blitzschlag (La Nature).

Folgender Fall wurde von dem Pastor Butler als Augenzeugen mitgetheilt: Am 27. Juli 1691 flüchteten zehn Schnitter zu Everdon sich während eines Gewitters unter ein Gebüsch. Bald darauf erfolgte ein Blitzschlag, der vier von ihnen sofort tödtete; die Getödteten blieben unbeweglich, wie versteinert in der Stellung, die sie vor dem Schlage eingenommen hatten. Der Eine hielt zwischen seinen Fingern eine Prise Tabak, die er eben nehmen wollte; der Andere hielt auf seinen Knien einen gleichfalls todten Hund; eine seiner Hände streichelte das Thier, während die andere ihm ein Stück Brot darbot. Ein Dritter blieb in sitzender Stellung, die offenen Augen und den Kopf dem Gewitter zugewandt.

Im Jahre 1838 ſtellten ſich zu Vic-sur-Aisne drei Soldaten inmitten eines heftigen Gewitters unter eine Linde. Ein Blitz erfolgte und tödtete ſofort alle Drei mit einem Schlage. Dieſe behielten jedoch ihre urſprüngliche Stellung bei, geradeſo, als ob ſie der Blitz gar nicht erreicht hätte; ihre Kleider waren unverſehrt geblieben. Nach dem Gewitter wurden ſie von Vorübergehenden bemerkt, welche ſie anſprachen, aber keine Antwort erhielten. Als man ſich ihnen näherte und ſie berührte, fielen ſie in einen Aſchenhaufen zuſammen.

Fig. 224.

Beibehaltung der Stellung nach dem Tode auf dem Schlachtfelde (La Nature).

Mitte Juli 1845 flüchteten ſich bei Vitry le François drei Perſonen unter eine Pappel, während ſich eine vierte unter eine Weide begab und an dieſe anlehnte. Bald darauf wurde dieſe vom Blitze getroffen; eine helle Flamme erſchien an den Kleidern des Mannes, der ruhig unter der Weide blieb und nichts zu bemerken ſchien. »Du brennſt, aber ſiehſt Du nicht, daß Du brennſt,« riefen ihn ſeine Kameraden an. Als ſie zu ihm hinkamen, fanden ſie nur mehr eine Leiche (Fig. 223).

Eine junge Bergmannsfrau ging, um ihre Familie zu beſuchen, nach Saint Romain-les Atheux und nahm dorthin ihr vier Monate altes Kind mit. Es war am 16. Juli 1866; ſie blieb während eines Gewitters allein

im Hause. Als ihre Eltern vom Felde heimkehrten, bot sich diesen ein trauriger Anblick dar; die junge Frau hatte der Blitz erschlagen. Sie wurde auf den Knien in einer Ecke des Zimmers gefunden, den Kopf mit ihren Händen bedeckend; sie trug gar keine Spuren einer Verwundung. Das Kind, welches im Zimmer eingeschlafen war, wurde nur ganz leicht vom Blitze gestreift.

Das Beibehalten der unmittelbar vor dem Tode innegehabten Stellung oder Haltung auch nach dem Tode ist jedoch keine Eigenthümlichkeit, welche man nur dem Tode durch den Blitz zuzuschreiben hat; es ist dies vielmehr eine Erscheinung, die auch anderweitig beobachtet wurde. Sie scheint namentlich dann einzutreten, wenn der Tod überhaupt plötzlich erfolgt, wie z. B. infolge einer absolut tödtlichen Verwundung auf dem Schlachtfelde, aber auch dann, wenn dem letzten Lebensmomente eine ungewöhnlich große Gemüthsbewegung oder auch eine bedeutende Körperanstrengung vorherging. Brown-Sequard hat (in »La Nature«) diesen höchst merkwürdigen Erscheinungen eine sehr interessante Studie gewidmet, konnte aber, wie es die Schwierigkeit des Problems wohl leicht begreiflich macht, zu keiner befriedigenden Erklärung der Ursachen desselben gelangen. Kann es zwar nicht unsere Aufgabe sein, auf diese, wenn auch noch so interessanten Erläuterungen hier näher einzugehen, so möge doch ein Beispiel zur Vergleichung mit der analogen Wirkung des Blitzschlages schießlich noch mitgetheilt werden:

Eines der frappantesten und überraschendsten Beispiele dieser Art, das von Brown-Sequard angeführt wird, ist wohl eine Beobachtung, welche Dr. Roßbach aus Würzburg im Jahre 1870 auf dem Schlachtfelde von Beaumont bei Sedan machte. Er fand den Leichnam eines Soldaten in halb sitzender, halb liegender Stellung auf der Erde, welcher zwischen Daumen und Zeigefinger einen Zinnbecher hielt und diesen gegen einen Mund richtete, der nicht vorhanden war. Der arme Mann war in dieser Stellung durch eine Kanonenkugel getödtet worden, welche ihm den Schädel und das ganze Gesicht, mit Ausnahme des Unterkiefers, wegriß. Körper und Arme wurden in dieser Stellung plötzlich im Momente des Todes überrascht, mit einer solchen Schnelligkeit, daß sie in derselben Lage beharrten, welche sie eingenommen hatten, als noch der Kopf vorhanden war. Vierundzwanzig Stunden waren nach der Schlacht verflossen, als Dr. Roßbach den Körper in diesem Zustande auffand (Fig. 224).

Siebente Abtheilung.

Blitzgefahr
und
Blitz-Schutzvorrichtungen.

im Hause. Als ihre Eltern vom Felde heimkehrten, bot sich diesen ein trauriger Anblick dar; die junge Frau hatte der Blitz erschlagen. Sie wurde auf den Knien in einer Ecke des Zimmers gefunden, den Kopf mit ihren Händen bedeckend; sie trug gar keine Spuren einer Verwundung. Das Kind, welches im Zimmer eingeschlafen war, wurde nur ganz leicht vom Blitze gestreift.

Das Beibehalten der unmittelbar vor dem Tode innegehabten Stellung oder Haltung auch nach dem Tode ist jedoch keine Eigenthümlichkeit, welche man nur dem Tode durch den Blitz zuzuschreiben hat; es ist dies vielmehr eine Erscheinung, die auch anderweitig beobachtet wurde. Sie scheint namentlich dann einzutreten, wenn der Tod überhaupt plötzlich erfolgt, wie z. B. infolge einer absolut tödtlichen Verwundung auf dem Schlachtfelde, aber auch dann, wenn dem letzten Lebensmomente eine ungewöhnlich große Gemüthsbewegung oder auch eine bedeutende Körperanstrengung vorherging. Brown-Sequard hat (in »La Nature«) diesen höchst merkwürdigen Erscheinungen eine sehr interessante Studie gewidmet, konnte aber, wie es die Schwierigkeit des Problems wohl leicht begreiflich macht, zu keiner befriedigenden Erklärung der Ursachen desselben gelangen. Kann es zwar nicht unsere Aufgabe sein, auf diese, wenn auch noch so interessanten Erläuterungen hier näher einzugehen, so möge doch ein Beispiel zur Vergleichung mit der analogen Wirkung des Blitzschlages schießlich noch mitgetheilt werden:

Eines der frappantesten und überraschendsten Beispiele dieser Art, das von Brown-Sequard angeführt wird, ist wohl eine Beobachtung, welche Dr. Roßbach aus Würzburg im Jahre 1870 auf dem Schlachtfelde von Beaumont bei Sedan machte. Er fand den Leichnam eines Soldaten in halb sitzender, halb liegender Stellung auf der Erde, welcher zwischen Daumen und Zeigefinger einen Zinnbecher hielt und diesen gegen einen Mund richtete, der nicht vorhanden war. Der arme Mann war in dieser Stellung durch eine Kanonenkugel getödtet worden, welche ihm den Schädel und das ganze Gesicht, mit Ausnahme des Unterkiefers, wegriß. Körper und Arme wurden in dieser Stellung plötzlich im Momente des Todes überrascht, mit einer solchen Schnelligkeit, daß sie in derselben Lage beharrten, welche sie eingenommen hatten, als noch der Kopf vorhanden war. Vierundzwanzig Stunden waren nach der Schlacht verflossen, als Dr. Roßbach den Körper in diesem Zustande auffand (Fig. 224.

Siebente Abtheilung.

Blitzgefahr
und
Blitz-Schutzvorrichtungen.

I.

Die Blitzgefahr.

Aus den vorhergehenden Abschnitten, und namentlich aus jenem über die Wirkungen des Blitzes, kann zwar schon ersehen werden, daß die Blitzgefahr eine hinlänglich große ist und daß die Schäden, welche Jahr für Jahr durch den Blitz angerichtet werden, hinreichend schwerwiegende sind, um mit aller Energie zu einer Abwehr derselben herauszufordern; wenn aber trotzdem diesem Gegenstande im vorliegenden Werke ein eigener Abschnitt gewidmet wird, so geschieht dies sowohl aus dem Grunde, weil eine übersichtliche numerische Zusammenstellung den wirklichen Sachverhalt deutlicher erkennen läßt, als die Anführung einzelner, wenn auch zahlreicher Beispiele, als auch weil hieraus zu erkennen sein wird, daß wir gegenwärtig mehr als je Ursache haben, alle uns zur Verfügung stehenden Mittel zur Bekämpfung dieser Schäden aufzubieten, da durch zahlreiche statistische Arbeiten ein stetes Wachsen der Blitzgefahr in den letzten Decennien unzweifelhaft festgestellt wurde.

Der Erste, welcher auf die Zunahme der Blitzgefahr aufmerksam machte und dieselbe an der Hand zuverläßlicher Daten nachwies, war v. Bezold; hatte dieser die Zunahme für Baiern außer Frage gestellt, so folgten bald darauf ähnliche Nachweise durch Karsten, Gutwasser, Holtz, Freyberg, Weber u. A. für andere Länder. Zahlreiche Behörden und Corporationen haben sich daher auch veranlaßt gesehen, Maßregeln zu ergreifen, welche geeignet sind, der alljährlich neuerdings eintretenden Gefahr wirksam zu begegnen. Ein solches Eingreifen ist nothwendig, obzwar der Blitzableiter schon vor mehr als 130 Jahren von Franklin und Divisch erfunden worden

ist (S. 138), weil trotz der segensreichen Wirkung dieses Schutzmittels, dieses doch noch eine viel zu geringe Verbreitung erlangt hat, um Personen und Eigenthum so weit zu schützen, als dies überhaupt erreichbar ist. Unkenntniß und nicht zum geringsten Theile auch Aberglaube sind die Ursachen, welche der so nothwendigen Vermehrung der Blitzableiteranlagen hindernd im Wege stehen. Einige hundert oder auch einige tausend Gulden, welche die Herstellung einer solchen Anlage etwa kostet, können doch nicht in Betracht kommen, wenn hierdurch hundert- oder tausendfache Werte sicheren Schutz erhalten können. — Am 16. Juli 1880 schlug der Blitz in das Packhaus von A. Günther in Bremerhaven, zündete und zerstörte hierdurch nicht nur dieses, sondern auch eine Reihe benachbarter Schuppen; der Schaden betrug 2,200.000 Mark! Als das Straßburger Münster nach wiederholten Blitzschlägen im Jahre 1760 abermals vom Blitze getroffen wurde, verursachte die hierdurch nothwendig gewordene Reparatur Kosten im Betrage von 100.000 Francs, u. s. w.

Wird auch der Blitzableiter heute nicht mehr geradezu als Ketzerstange bezeichnet, wie noch lange Zeit nach seiner Erfindung, und betrachtet man auch heute die Aufstellung von Blitzableitern nicht mehr als ein Auflehnen gegen den göttlichen Willen, so gibt es doch noch zahllose Gemeinden, die vertrauensvoll an die Wirksamkeit des Gewitterläutens oder des Wetterschießens glauben. Wir lächeln heute darüber, wenn wir lesen, Kaiser Augustus habe zum Schutze gegen den Blitz stets ein Seehundsfell getragen oder, Tiberius habe nicht versäumt, während eines Gewitters stets einen Lorbeerkranz auf sein Haupt zu setzen — und doch, an wie vielen Orten wirft man geweihte Weidenkätzchen (sogenannte Palmzweige) auf das Herdfeuer, in dem naiven Glauben, hiermit den Blitz zu besänftigen? — Doch wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit den obengenannten, auf die Blitzgefahr bezüglichen Arbeiten selbst zu.

W. v. Bezold benützte für seine Untersuchungen über die zündenden Blitze im Königreiche Baiern, während des Zeitraumes 1833 bis 1882, die Acten der Immobiliar-Feuerversicherung, die sich daselbst ganz in den Händen des Staates befindet; der größte Theil aller Gebäude, beiläufig 90 Procent, sind dieser Anstalt einverleibt. Die Anstalt leistet indessen nicht nur für Brandschäden, sondern auch für Schäden infolge sogenannter kalter Schläge Ersatz: es sind also auch diese in den genannten Acten verzeichnet. Die Hauptresultate, welche v. Bezold aus dem Studium dieser Acten, die sich, nebenbei bemerkt, für derartige Studien als ganz vorzüglich geeignet erwiesen, zog, sollen im Nachstehenden der Hauptsache nach wiedergegeben werden.

Vor allem zeigte sich, wie schon bemerkt, eine beinahe stetige Zunahme der Blitzgefahr während des betrachteten Zeitraumes, wie man aus folgender

Zusammenstellung entnimmt, in welcher vier Perioden (nach der größeren oder geringeren Vollständigkeit, in welcher das Material zur Verfügung stand) ausgeschieden sind.

Periode	Brandfälle durch Blitz	Jahresmittel
1833—1843	355	32·3
1844—1865	1142	51·9
1866—1879	1550	103·3
1880—1882	401	133·6

Somit erreichte die Summe aller Brandfälle durch den Blitz im Zeitraume von 50 Jahren die Höhe von 3448. Ist schon hieraus die sehr bedeutende Steigerung der Blitzgefahr klar zu erkennen, so ist das noch im erhöhten Maße der Fall, wenn man auch noch die Anzahl der versicherten Gebäude mit in Rechnung zieht. Diese Zahl stieg in diesen 50 Jahren von 1,020.798 auf 1,374.310; die Zunahme der versicherten Objecte kann also nur in ganz untergeordneter Weise die enorme Steigerung der Brandfälle begründen. Während im Laufe der dreißiger und Anfang der vierziger Jahre von einer Million Gebäude alljährlich im Durchschnitte nur 32 vom Blitze beschädigt wurden, so fielen anfangs der achtziger Jahre unter einer Million durchschnittlich 97 demselben Schicksale anheim.

Die Gefährdung durch Blitz hat sich demnach innerhalb des betrachteten Zeitraumes geradezu verdreifacht.

Die von Bezold den zur Verfügung stehenden Daten entsprechend entworfenen Karten lassen erkennen, daß es in Baiern hauptsächlich zwei Heerstraßen sind, auf welchen die Gewitterzüge die Spuren ihrer Zerstörungen hinterlassen. Die nördliche derselben dürfte ihren Ursprung am mittleren Schwarzwalde finden, die südliche im südlichen Theile dieses Gebirges, sowie am Abhange der Schweizer Alpen und in der Umgebung des Bodensees. Der nördliche schwächere Ast zieht sich, wohl von dem Quellengebiete des Neckars kommend, an der nördlichen Abdachung des schwäbischen Jura hin, tritt über die Frankenhöhe in Baiern ein, um in nordöstlicher Richtung über Mittelfranken hinweg dem Ostabhange des fränkischen Jura zuzueilen. Nach dem Ueberschreiten der Frankenhöhe erleidet dabei die Heftigkeit der Gewitter eine Abschwächung, um bei Annäherung an die Rednitz und Regnitz, noch entschiedener aber bei Ueberschreiten des Frankenjura von Neuem zuzunehmen. Der im Süden der Donau verlaufende Ast tritt über die Iller und vom Bodensee her in Baiern ein, verstärkt sich durch Gewitter, die aus dem Lechthale, sowie aus dem unteren Ammergau (Gegend zwischen Peissenberg und den Alpen) kommen und zieht sich nun nach der Isar, in

einem Ausläufer auch nach der Mangfall hin. Die meisten Verheerungen richten diese Gewitter in Schwaben an, außerdem noch auf einem Streifen, der sich vom oberen Lechlauf bis nach der Loisach und von da zwischen Ammer- und Starnbergersee hindurch nach der Umgebung von München — jedoch mit auffallender Verschonung des Stadtgebietes — und schließlich nach dem Mangfallthale hinzieht. Im Donauthale erreicht das Gebiet höherer Gefährdung kurz nach Einmündung des Leches seine Grenze; im Isargebiete erstreckt es sich bis nahe an Landshut, die Umgebung des Inn wird von demselben nirgends berührt. Der östliche Theil von Oberbaiern, sowie ganz Niederbaiern ist von zündenden Blitzen nur wenig heimgesucht. Was Niederbaiern betrifft, so erinnert die Darstellung sehr an eine Höhenschichtenkarte und es hat den Anschein, als ob die tiefer liegenden Gegenden überhaupt weniger vom Blitze gefährdet wären.

v. Bezold faßt die Resultate in Bezug auf die Blitzgefahr für Baiern in folgende Sätze zusammen:

Die Häufigkeit der zündenden Blitze, reducirt auf die gleiche Zahl versicherter Gebäude, hat seit Mitte der dreißiger oder Anfang der vierziger Jahre dieses Jahrhundertes, abgesehen von kleineren Schwankungen, eine beinahe stetige Zunahme erfahren, so zwar, daß die Gefährdung durch Blitz innerhalb des genannten Zeitraumes auf mehr als das Dreifache gestiegen ist.

Untersucht man die zündenden Blitze auf ihre jährliche Periode durch Bildung fünftägiger Summen, so zeigen die letzteren in ihrem Gange eine auffallende Uebereinstimmung mit langjährigen fünftägigen Wärmemitteln. Bildet man die Summen der Brandfälle durch Blitz, für die einzelnen Kalendertage, so zeigen auch diese noch in vielen Fällen einen Zusammenhang mit langjährigen Tagesmitteln der Temperatur.

Die Untersuchung der geographischen Vertheilung der zündenden Blitze lehrt, daß die einzelnen Gegenden ihren Charakter der besonderen Gefährdung oder des Verschontseins während des ganzen in Betracht gezogenen Zeitraumes beibehalten haben, und daß das Verhalten einer Gegend in dieser Hinsicht, abgesehen von ganz localen Eigenthümlichkeiten, wesentlich davon abhängt, welche Lage sie gegen die Zugstraßen besitzt, denen die großen Gewitter mit Vorliebe zu folgen pflegen.

Die Brandschäden durch den Blitz belaufen sich für die Provinz Schleswig-Holstein, wie Karsten im Berliner elektrotechnischen Vereine mittheilte, auf jährlich 250.000 bis 300.000 Mark, was sich theils aus den vollständig zu übersehenden Zahlungen für Immobiliarversicherung, theils aus den weniger vollständig bekannten der Mobiliarversicherung ergibt. Karsten glaubt mit Berücksichtigung aller hier in Betracht kommenden Umstände die

durch Gewitter in ganz Deutschland verursachten Brandschäden mit 6 bis 8 Millionen Mark jährlich eher zu gering als zu hoch angeschlagen zu haben. Karsten weist daher mit Recht darauf hin, daß die Frage der Blitzgefahr, vom ökonomischen Standpunkte aus betrachtet, eine ernste und eingehende Behandlung erfordert. In der That hat man sich auch in verschiedenen Ländern dieser Einsicht nicht verschlossen, sondern darnach gestrebt, eine erschöpfende und verläßliche Statistik der Blitzschäden zu schaffen; eine solche existirt z. B. schon für Sachsen.

J. Freyberg hat in einer Abhandlung über die Zunahme der Blitzgefahr im Königreiche Sachsen (in den Sitzungsberichten der naturwissenschaftlichen Gesellschaft »Isis« in Dresden) im Anschlusse an eine früher erschienene Arbeit von Gutwasser die Statistik der Blitzschläge bis zum Jahre 1882 weitergeführt und erweitert. Hierbei zeigt sich ebenfalls eine ganz bedeutende Steigerung der jährlichen Blitzschläge mit der gleichzeitigen Zunahme der Blitzgefahr für Gebäude, wie dies nachstehende Tabelle deutlich erkennen läßt.

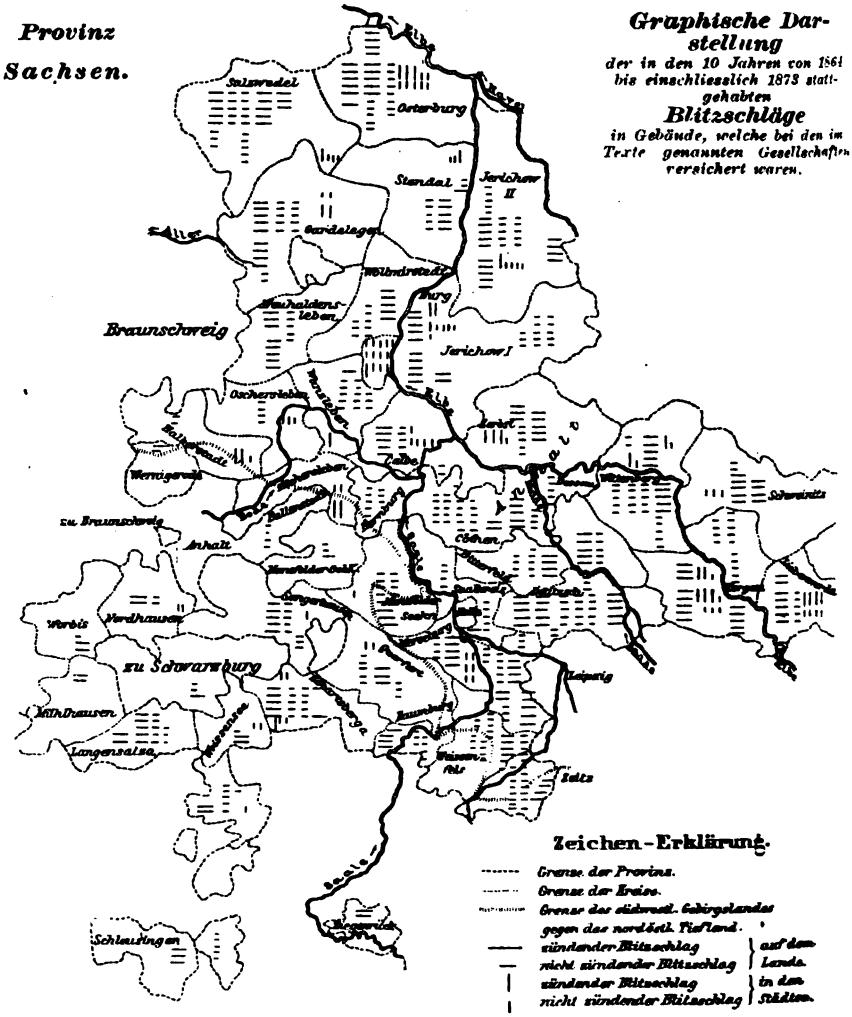
Zeitraum	Anzahl der jährlichen Blitzschläge	Zunahme	Versicherte Gebäude nach Tausenden	Größe der Blitzgefahr	Zunahme
1859 bis 1862	67	1·0	628	107	1·0
1863 » 1866	81	1·2	638	127	1·2
1867 » 1870	104	1·6	648	161	1·5
1871 » 1874	123	1·8	656	188	1·8
1875 » 1878	145	2·2	675	215	2·0
1879 » 1882	189	2·8	699	272	2·5

Die Zahlen für die Größe der Blitzgefahr geben hier an, wie viele vom Blitze getroffene und eine Schadenvergütung erfordernde Gebäude auf eine Million derselben kommen würden.

Berücksichtigt man die Gebäudeart, so erscheinen in Sachsen die ländlichen Gebäude fast doppelt so stark gefährdet als die städtischen. In Bezug auf die geographische Vertheilung erscheint der östliche Theil Sachsens, die Umgebung von Dresden und Bautzen am bedrohtesten. Der durch die Blitzschläge angerichtete materielle Schaden ist ein sehr bedeutender. Die königl. sächsische Landes-Brandcassa allein hatte im Jahre 1881 an Entschädigungen 232.527 Mark zu zahlen, das ist 7 Percent der in diesem Jahre überhaupt verausgabten Summe.

Für die Provinz Sachsen hat, wie L. Weber in der Berliner elektrotechnischen Zeitschrift berichtet, der Director der Provinzial-Städte-Feuer-Societät

Fig. 225.



der Provinz Sachsen, Kaßner, eine graphische Darstellung der in zwei aufeinanderfolgenden Decennien (1864—1873 und 1874—1883) erfolgten Blitzschäden entworfen. Das Material hierzu wurde entnommen den Acten der

lagdeburgiſchen Land-Feuer-Societät in Altenhauſen (M. L.-F.-S.), der ınd-Feuer-Societät des Herzogthums Sachſen in Merſeburg (S. L.-F.-S.),

Fig. 226.

r Provinzial-Städte-Feuer-Societät der Provinz Sachſen in Merſeburg
5. St.-F.-S.) und der herzoglich Anhaltiſchen Landesbrandcaſſe in Deſſau
L. L.-B.-C.). Bezüglich der Vergleichung der beiden Zeiträume 1864 bis 1873

und 1874 bis 1883 ist anzunehmen, daß sich die Zahl der versicherten Gehöfte — wenigstens bei den drei erstgenannten Anstalten — keinesfalls um 10 Percent vermehrt hat.

Die beiden umstehenden Karten, Figuren 225 und 226, geben im verkleinerten Maßstabe das Wichtigste aus der lithographirten Originaldarstellung wieder. Es sind hierbei die zündenden Blitzschläge von den nichtzündenden durch die Länge der Striche und die ländlichen von den städtischen durch die Richtung der Striche unterschieden. In Figur 225 ist auch noch die ungefähre Grenze zwischen den südwestlichen wald- und gebirgsreichen Districten und den nordöstlichen tiefer gelegenen angedeutet.

Es ergibt sich, daß von einem Decennium zum anderen eine Vermehrung der Blitzschläge (immer nur jene gerechnet, welche an Gebäuden Schaden verursachten) um mehr als 90 Percent stattgefunden hat; es sind nämlich bei den obengenannten Versicherungsgesellschaften nachstehend verzeichnete Anmeldungen eingelaufen:

Societät	1864—1873	1874—1883	mehr in Percenten
M. L.-F.-S. . . .	237	461	94·5
S. L.-F.-S. . . .	323	627	94·1
S. St.-F.-S. . . .	116	239	106·0
A. L.-B.-C. . . .	77	114	48·1
Summa .	753	1441	91·4

Zieht man die Lage und die Form der Gebäude in Betracht, so ergeben sich für die Gefährdung derselben durch den Blitz die in den nachstehenden Punkten zusammengefaßten Resultate:

1. Die in beiden Decennien dem Blitzschlage am meisten ausgesetzten Kreise sind die nordöstlichen, tiefer gelegenen, welche in Figur 225 von den waldreichen, gebirgigen südwestlichen Kreisen abgegrenzt erscheinen.

2. Unterscheidet man die Blitzschläge in zündende und nichtzündende, so zeigt sich sowohl absolut als auch percentisch eine stärkere Zunahme für die letzteren; es kamen nämlich

in den Jahren 1864—1873 276 zündende auf 477 nichtzündende,
» » » 1874—1883 415 » » 1026 »

Blitzschläge, das ist eine Zunahme von 50·4 Percent für die zündenden und von 114·5 Percent für die nichtzündenden Blitzschläge.

3. Die nichtzündenden Blitzschläge fallen in beiden Decennien zumeist auf Wohnhäuser, Kirchen und Mühlen, die zündenden auf Ställe und Scheunen. Es wurden nämlich angemeldet:

Societät	Wohnhäuser, Kirchen, Mühlen zündend	Wohnhäuser, Kirchen, Mühlen nichtzündend	Scheunen, Ställe zündend	Scheunen, Ställe nichtzündend
S. St.-F.-S.	39	206	34	30
S. L.-F.-S	104	440	174	160

4. Auch in der Provinz Sachsen ergibt sich, ebenso wie für andere Länder, eine größere Gefährdung ländlicher Gebäude als städtischer. Während nämlich die beiden Land-Societäten nur etwa dreimal so viel Gehöfte in Versicherung gehabt haben als die Städte-Societät, beträgt doch die Zahl der bei den ersteren beobachteten Blitzschläge das Fünffache der für städtische Gehöfte verzeichneten Blitzschläge. Das Verhältniß würde also wie 3 : 5 oder wie 1 : 1·66 sein, gegenüber Schleswig-Holstein, wo dieses Verhältniß, allerdings für einen kürzeren Zeitraum, mit 1 : 1·8 bestimmt wurde. Dort wie hier findet die größere Gefährdung der ländlichen Gebäude der Hauptsache nach ihre Erklärung in der mehr isolirten Lage dieser Gehöfte.

5. Besonders stark gefährdet erscheinen Kirchen, so daß z. B. unter 340 Blitzschlägen, die bei der S. St.-F.-S. angemeldet wurden, sich 44 auf Kirchen und bei der S. L.-F.-S. unter 950 Anmeldungen sich 108 auf Kirchen beziehen; gleichzeitig befanden sich darunter 8, beziehungsweise 30 Mühlen.

Die Blitzschläge in der Provinz Schleswig-Holstein in den Jahren 1879 bis 1883 sind von L. Weber einem eingehenden Studium unterworfen und in umfassenden Berichten veröffentlicht worden. Wir geben nachstehend die wichtigsten der hieraus gezogenen Folgerungen:

Die Blitzgefahr, ausgedrückt durch Division der auf Wohnhäuser gefallenen Blitze durch die Anzahl der Wohnhäuser, ergab sich für das Jahr und für 100.000 Häuser in dem gefährdeten Kreise Süder-Dithmarschen zu 81, in dem am wenigsten gefährdeten Eckernförde zu 9.

Die Vertheilung der Blitzschläge nach Monaten und Tageszeiten ergibt:

Jahr	Tageszeit	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Summa
1879	3—9 h Früh	—	—	3	3	17	8	—	9	—	1	41
	9—3 h	—	2	5	7	25	18	3	7	—	—	67
bis	3—9 h Abds.	—	1	32	30	38	29	23	13	2	—	168
1883	9—3 h Früh	1	—	7	9	83	10	3	9	—	1	123
	?	—	—	1	1	—	2	—	1	—	—	5
	Summa	1	3	48	50	**163**	67	29	**39**	2	2	404

Ein starkes Maximum fällt auf den Juli, ein zweites, aber bedeutend schwächeres auf den October; letzteres ist aber, wie Weber bemerkt, hauptsächlich durch die ungewöhnlich heftigen Gewitter vom 18. und 19. October 1883 bewirkt.

Für die Heftigkeit der Gewitter wird ein Ausdruck gefunden durch Division der Gewittertage in die Zahl der Blitzschläge; man erhält:

1879 bis 1883	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novemb.	Decemb.	Jahr
Gewittertage	1	3	11	15	32	18	11	10	2	1	104
Summe der Blitzschläge .	1	3	48	50	163	67	29	39	2	2	404
Blitzschläge per Gewittertag	1	1	4·4	3·3	5·1	3·7	2·6	3·9	1	2	3·9

Somit ist der Juli nicht nur der gewitterreichste Monat gewesen, sondern es haben auch die Gewitter desselben die größte Heftigkeit gehabt; das heftigste Gewitter war am 12. und 13. Juli 1881 mit 48 Blitzschlägen.

Der Blitz traf in Summa 338 Gebäude, 92 Personen, 121 Stück Vieh, 60 Bäume und 11 andere im Freien befindliche Objecte. Von den erstgenannten 338 Blitzschlägen entfallen 238 auf ländliche, 50 auf städtische (oder in Ortschaften dichter nebeneinander gelegene) Gebäude, 31 auf Windmühlen, 15 auf Kirchen und 4 auf Schornsteine. Die Gefährdung auf das Jahr und auf 100.000 Gebäude beträgt für

ländliche Gebäude	23
städtische Gebäude	13
Mühlen	1442
Kirchen	452

In Bezug auf den Schutz der Gebäude durch benachbarte überragende Objecte ist zu bemerken, daß von den 338 getroffenen Gebäuden durch unmittelbar (bis zu 10 Meter Entfernung) daranstehende Bäume 66, durch benachbarte Häuser 14 Gebäude überragt wurden. Unter 263 mit Schornsteinen versehenen Gebäuden nahm der Blitz mindestens 83 Mal den Weg durch den Schornstein; hierbei rauchten diese in 48 Fällen, in 179 Fällen nicht. Die Bedachung der Gebäude war 220 Mal eine sogenannte weiche (Stroh, Rohr), 105 Mal eine harte (Schiefer, Schindel, Ziegel, Metall, Pappe), 8 Mal gemischt und 5 Mal nicht näher bezeichnet. Unter den 338 getroffenen Gebäuden befanden sich 19, welche einen Blitzableiter hatten. In acht Fällen blieben die Gebäude unverletzt und nur die Ableiter wiesen Blitzspuren auf. In zehn anderen Fällen

war der Blitz im Wesentlichen der Ableitung gefolgt, hatte dieselbe jedoch verlassen an solchen Stellen, welche durch offenbare Mängel der Leitung oder fehlende Erdleitung dazu prädestinirt erschienen. In einem Falle scheint der Ableiter infolge mangelhafter Erdleitung überhaupt nicht in Function getreten zu sein.

Der Wirkung nach zerfielen die Blitzschläge im Wesentlichen in 151 kalte, mit nur mechanischen Zerstörungen und 170 zündende. Die Zündung erfolgte 150 Mal bei weich gedeckten Gebäuden, 12 Mal bei hartgedeckten und 8 Mal bei gemischter Bedachung. Unter den 41 Gebäuden mit Drahtbefestigung des Daches wurden 32 oder 78 Percent entzündet, während von den 48 Gebäuden ohne Draht nur 30 oder 62·5 Percent entzündet wurden.

Von 92 getroffenen Personen wurden 10 getödtet, 20 gelähmt, 55 betäubt und 7 unerheblich afficirt. Von 121 getroffenen Thieren wurden 95 getödtet, 26 betäubt.

Die Gesammtschadensumme der auf 338 Gebäude gefallenen Blitzschläge betrug 395.886 Mark.

Wir hatten bereits weiter oben (S. 318) Gelegenheit mitzutheilen, daß auch aus den Arbeiten von W. Holtz eine Zunahme der Gewitter für verschiedene Provinzen nachgewiesen worden ist; diese Angaben mögen noch durch Nachstehendes eine Ergänzung finden. Zur bequemeren Vergleichung wurde berechnet, wie viel bei gleichen Verhältnissen jährlich unter einer Anzahl von 1 Million Gebäuden als Mittel aus vier Jahren vom Blitze getroffen wurden. Hierbei ergaben sich z. B. für die Provinz Brandenburg

im Jahre	1854	bei	627.575	versicherten	Gebäuden	40 Blitzschäden,
» »	1855	»	627.575	»	»	27 »
» »	1874	»	734.018	»	»	78 »
» »	1875	»	734.018	»	»	149 »
» »	1877	»	734.018	»	»	144 »

Die vierjährigen Mittel auf eine Zahl von 1 Million Gebäuden berechnet, betrugen für dieselbe Provinz:

in den Jahren	1853	bis	1857	. . .	53
» » »	1857	»	1861	. . .	48
» » »	1861	»	1865	. . .	49
» » »	1865	»	1869	. . .	90
» » »	1869	»	1873	. . .	93
» » »	1873	»	1877	. . .	157

Wir wollen uns mit den vorstehenden statistischen Angaben über Blitzschäden begnügen, soweit sich diese auf Menschen und Thiere, sowie auch auf

Immobilien im allgemeinen beziehen. Bevor wir jedoch diesen Abschnitt gänzlich abschließen, wollen wir aber noch den Blitzschäden an einem ganz speciellen, sehr gefährdeten, aber auch höchst wichtigen Objecte, nämlich an den Telegraphen- und Telephonleitungen und Apparaten, einige Zeilen widmen; es dürfte dies um so eher angezeigt erscheinen, als uns ein verläßliches und vorzüglich zusammengestelltes Material in den Gewitterbeobachtungen im deutschen Reichs-Telegraphengebiete vorliegt. Die bis nun vorliegenden Ausweise erstrecken sich auf die Jahre 1882 bis 1887. (Vergl. auch S. 299 u. f.) Was nun zunächst die Anzahl und zeitliche Vertheilung der besonders heftigen (mit Einschlagen) verbundenen Gewitter anbelangt, so gibt hierüber nachstehende Tabelle Aufschluß:

Besonders heftige Blitzschläge (Einschlagen).

Im Jahre	Anzahl der Gewitter, bei welchen besonders heftige Blitzschläge stattfanden												
	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novemb.	Decemb.	Summa
1882	—	—	—	6	374	170	264	137	61	18	5	—	1035
1883	—	—	—	4	107	163	286	96	32	21	1	—	710
1884	3	1	1	5	286	133	536	140	55	15	—	—	1175
1885	—	—	2	51	93	306	165	100	34	1	—	—	752
			(heftiges Schneetreiben)										
1886	2	—	—	51	169	137	126	100	59	4	—	1	649
zusammen	5	1	3	117	1029	909	1377	573	241	59	6	1	4321

Wie bereits weiter oben (S. 624 u. f.) erwähnt wurde, und wie es ja auch in der Natur der Sache begründet erscheint, haben die unterirdischen Leitungen von der Gewitterelektricität bedeutend weniger zu leiden als die oberirdischen Linien. Bei den großen unterirdischen Reichs-Telegraphenleitungen haben im Ganzen 733 Gewitterbeobachtungen stattgefunden, von denen jedoch nur 57 (7·776 Percent) sich für den Telegraphenbetrieb störend bemerkbar gemacht haben, während 676 Gewitter ohne störende Einwirkung geblieben sind. Von den beobachteten Gewittern haben 319 an Orten stattgefunden, an welchen die unterirdischen Leitungen zu Betriebszwecken mit einer Erdleitung verbunden sind. Hiervon sind bei 50 Gewittern zeitweise betriebsstörende Einwirkungen an einem Ende der Leitung beobachtet worden, während dies bei sechs Gewittern an beiden Enden der Fall war. In einem Falle hat sich ein Gewitter, bei welchem die Entladung desselben zwischen zwei Orten mit Erd-

leitung stattfand, zugleich an beiden Enden der Leitung störend bemerkbar gemacht. Eine wirkliche Beschädigung der großen unterirdischen Telegraphenlinien durch Blitzschlag ist im Jahre 1886 nicht eingetreten.

Bei den oberirdischen Reichs-Telegraphenleitungen sind dagegen im Jahre 1886 bei 2291 Gewittermeldungen im Ganzen 2728 Beschädigungen vorgekommen; von diesen kommen, abgesehen von den Blitzableitern, 146 Beschädigungen oder 9·01 Percent auf die inneren Telegrapheneinrichtungen und 1475 Beschädigungen oder 90·99 Percent auf die äußeren Telegraphenanlagen.

Bei den äußeren Theilen der Telegraphenanlagen wurden von den im Jahre 1886 aufgestellt gewesenen 1,084.740 Stangen 357 Stück durch den Blitz völlig unbrauchbar gemacht und 886 mehr oder weniger beschädigt, zusammen also 1243 Stück oder 0·11 Percent überhaupt beschädigt. Von sämmtlichen Beschädigungsfällen entfallen 45·56 Percent auf die Stangen. Von 3,447.781 Isolatoren wurden 176 zertrümmert und 43 mit der Schraubenstütze aus der Stange herausgerissen, zusammen 219 Stück oder 0·006 Percent aller im Betriebe befindlichen Isolatoren beschädigt. Die Beschädigungen der Isolatoren umfassen 8·03 Percent aller eingetretenen Beschädigungen. Bei einer Länge von 223.268·84 Kilometer wurden die Drahtleitungen der oberirdischen Telegraphenlinien (einschließlich der Einführungsdrähte) in 16 Fällen geschmolzen oder zerrissen. Von den Beschädigungen fallen 0·59 Percent auf die Leitungen und ein Fall auf je 13.594·3 Kilometer Leitungslänge.

Bei den inneren Einrichtungen der Telegraphenanstalten wurden die Zimmerleitungen einschließlich der Erdleitungen in elf Fällen beschädigt; es beträgt dies 0·4 Percent aller Beschädigungen. Von 11.294 im Betriebe befindlichen Galvanoskopen wurden bei 16 die Umwindungen geschmolzen, bei 58 wurde die Magnetnadel entmagnetisirt, was zusammen 74 Beschädigungen von Galvanoskopen oder 2·71 Percent aller Beschädigungen ausmacht. Drahtumwindungen wurden ferner geschmolzen a) bei 17 Fernsprechern von 6505 im Betriebe befindlichen, b) bei 22 Morse-Apparaten von 9620 im Betriebe befindlichen, c) bei 17 Relais und d) bei 2 Hughes-Apparaten von 221 im Betriebe befindlichen. Von den im Gebrauch stehenden 22.116 Platten- und Schneidenblitzableitern wurden bei Ableitung der elektrischen Entladungen 119 beschädigt; ferner betrug bei 5879 im Betriebe befindlichen Stangenblitzableitern die Zahl der beschädigten vier und von den bei den Fernsprechern neben den anderen Blitzableitern aufgestellten 7434 Spindelblitzableitern 982.

Gewitter, bei denen Beschädigungsfälle eingetreten sind, sogenannte Schadengewitter, wurden im Ganzen 586 beobachtet. Eine Vergleichung der Schadengewitter, beziehungsweise der eingetretenen Beschädigungen für die Jahre 1882 bis 1887, ergeben die nachstehenden Tabellen:

	1882	1883	1884	1885	1886
Anzahl der Gewitterbeobachtungen	2684	2064	3258	2597	2291
Anzahl der Schadengewitter	506	495	629	608	586
Verhältniß der Schadengewitter zu der Gesammtzahl der Gewitter	18·85%	23·98%	19·31%	23·41%	25·58%
Anzahl der Beschädigungen auf der Linie	1419	1289	1715	1890	1479
Anzahl der Beschädigungen innerhalb der Diensträume	842	757	1149	1021	1249
Summe dieser Beschädigungsfälle	2261	2046	2864	2911	2728
Bei jedem Schadengewitter sind im Durchschnitte vorgekommene Beschädigungsfälle	4·46%	4·13%	4·55%	4·79%	4·66%

Beschädigte	1882		1883		1884		1885		1886	
	Stück	Percent d. Bestandes	Stück	Percent d. Bestandes	Stück	Percent d. Bestandes	Stück	Percent d. Bestandes	Stück	Percent d. Bestandes
Stangen	1093	0·125	1062	0·118	1358	0·146	1507	0·146	1243	0·114
Isolatoren	282	0·010	203	0·007	324	0·011	348	0·011	219	0·006
Galvanoskope	122	1·381	89	0·985	134	1·435	68	0·704	74	0·655
Fernsprecher	25	?	11	0·355	47	1·518	22	0·403	17	0·261
Morse-Apparate	15	0·175	13	0·148	30	0·342	30	0·320	22	0·229
Stangenblitzableiter	14	0·320	7	0·147	6	0·111	9	0·162	4	0·068
Schneiden- u. Plattenblitzableiter	207	1·292	147	0·871	205	1·124	106	0·516	119	0·538
Spindelblitzableiter	451	?	470	12·154	677	13·537	751	13·079	982	13·219
Stellen im Leitungsdrahte	30	—	17	—	29	—	29	—	16	—

d. i. ein Fall auf 8693 Km., 10.856 Km., 6608 Km., 7392 Km., 13.954 Km.

Bei den Stadt-Fernsprechanlagen sind im Jahre 1886 919 Blitzbeschädigungen vorgekommen, und zwar wurden 868 Spindelblitzableiter von 23.777 im Betriebe befindlichen Spindelblitzableitern beschädigt, also 3·65 Percent des Bestandes; ferner wurden beschädigt: 1 Stange, 2 Leitungsdrähte, 5 Einführungsleitungen, 2 Zimmerleitungen, 4 Fernsprecher, 1 Wecker, 2 Relais, 23 Klappenschrank-Elektromagnete und 11 Spitzenblitzableiter.

II.

Die Blitz-Schutzvorrichtungen.

Ein Blitzschlag kommt, wie oben (S. 560) erläutert wurde, dadurch zustande, daß eine z. B. positiv elektrische Gewitterwolke influenzirend auf die Erde wirkt, die negative Influenzelektricität anzieht und die positive abstößt; erstere sammelt sich dann an der Erdoberfläche gegenüber der Gewitterwolke an, letztere wird abgestoßen und fließt von diesem Theile der Erdoberfläche ab. Ist in solcher Weise die Dichte der Elektricität auf der Wolke, beziehungsweise auf dem gegenüberliegenden Theile der Erdoberfläche eine hinlänglich große geworden, so erfolgt die Vereinigung beider Elektricitäten in Form eines Blitzes. Unter sonst gleichen Umständen wird also das Entstehen eines Blitzes durch alle jene Umstände gefördert werden, welche eine Influenzwirkung erleichtern oder begünstigen. Könnten wir diese Influenzwirkung verhindern, so hätten wir hierdurch auch gleich ein radicales Schutzmittel gegen Blitzschläge gefunden, da solche dann gegen die Erde nicht erfolgen könnten. Da uns aber kein Mittel zu Gebote steht, eine solche Influenzwirkung überhaupt unmöglich zu machen, so muß unser Streben darauf gerichtet sein, diese Influenzwirkung zu einer unschädlichen zu gestalten. Um dies zu erreichen, sind zwei Wege denkbar: der eine führt dahin, die Influenzwirkung in der Art zu beeinflußen, daß sie nie zu Spannungen führen kann, die hoch genug sind, um eine Funkenentladung, also einen Blitzschlag zu ermöglichen; der zweite Weg geht dahin, nicht die Entstehung des Blitzschlages zu verhindern, sondern den Blitzschlag selbst in solche Bahnen zu zwingen, daß er keinen Schaden anzurichten vermag.

Es bedarf wohl erst keiner näheren Begründung, daß es vortheilhafter wäre, den erstgenannten Weg einzuschlagen; doch hier entsteht zuvörderst die Frage, ob wir auch imstande sind, die Influenzwirkung einer Gewitterwolke in entsprechender Weise zu beeinflußen. Nach dem, was weiter oben (S. 49) über die Entstehung eines Entladungsschlages (oder einer Funkenentladung) gesagt wurde, kann ein elektrischer Funke nur dann entstehen, wenn eine bestimmte Spannung der beiden einander entgegengesetzten Elektricitäten erreicht wird; können wir also das Anwachsen einer elektrischen Ladung bis zu dieser Spannung verhindern, so ist damit auch schon die Gefahr einer Funkenentladung ausgeschlossen. Wir erinnern uns aus der Einleitung (S. 34), daß wir in der Spitzenwirkung ein Mittel haben, um die elektrische Ladung eines Leiters fast ganz unmöglich zu machen. Hiernach hätten wir also, um ein irdisches Object gegen einen Blitzschlag zu schützen, dieses nur mit einer gegen die influenzirende Wolke gerichteten Spitze zu versehen, vorausgesetzt, daß das betreffende Object ein Leiter ist. Und in der That war es auch dieser Gedanke, von welchem Franklin (S. 138) und Divisch (S. 140) bei der Erfindung des Blitzableiters ausgingen.

Kann man nun auch vom theoretischen Standpunkte aus gegen diese aus den Experimenten gefolgerten Schlüsse keine Einwendung erheben, so hat doch die Praxis ergeben, daß der Verlauf der Experimente nicht jenem in der Natur vollkommen gleichgesetzt werden kann. Die influenzirende Wirkung, die von der Gewitterwolke ausgeübt wird, muß nicht nur eine verschiedene sein, je nach der Beschaffenheit (Form, Bewegung, Entfernung, elektrische Ladung u. s. w.) der Wolke selbst, sondern sie muß sich auch mannigfaltig ändern mit der jeweiligen Beschaffenheit der jeweilig in Betracht kommenden irdischen Objecte; wir haben weiter oben (S. 559) diesem Gegenstande einen Abschnitt gewidmet und auch die folgenden Abschnitte, in welchen die Wirkungen der Blitzschläge geschildert sind, geben hierüber hinlänglich Aufschluß.

Da es also nicht oder wenigstens häufig nicht möglich ist, das Zustandekommen eines Blitzschlages überhaupt zu verhindern, so müssen wir, um irdische Objecte irgendwelcher Art wirklich zu schützen, auch die zweite Methode berücksichtigen, d. h. wir müssen (wenn wir uns der Kürze wegen nachstehende Ausdrucksweise gestatten) den Blitzschlag so aufzufangen und zu leiten trachten, daß das zu schützende Object hierdurch keinen Schaden erleidet. Diesen Weg einzuschlagen, steht aber in unserer Macht: Wir können auf einem bestimmten Objecte ein Leitersystem so anlegen, daß wir dadurch einerseits den Blitz zwingen, an der einen oder anderen vorher bestimmten Stelle des Systems auf dieses überzuschlagen und andererseits eben diesem Systeme auch weiter zu folgen, ohne das betreffende Object zu berühren oder

zu beschädigen. Zwischen zwei entgegengesetzt elektrischen Körpern findet der Ausgleich oder das Ueberspringen eines elektrischen Funkens zwischen jenen Punkten dieser Körper statt, an welchen die größte Spannung herrscht; nun haben wir aber in der Einleitung erfahren, daß bei einer verschiedenartig geformten Leiteroberfläche die größte Spannung immer an den Kanten, Ecken und vorzüglich an Spitzen herrscht. Versehen wir also unser Leitersystem je nach der Größe des zu schützenden Objectes mit einer oder mit mehreren Spitzen an passend gewählten Punkten, so werden wir hierdurch den Blitz veranlassen können, eben auf diese Punkte und nicht etwa auf irgendwelche des Objectes zu fallen. Es wurde ferner wiederholt darauf hingewiesen, daß der Blitz, um eine kurze Ausdrucksweise zu gebrauchen, als Endziel stets ausgedehnten und zusammenhängenden Leitermassen zustrebt, wie solche allenfalls ausgedehnte metallische Röhrenleitungen darstellen, zumeist aber in großen Wassermassen (oberirdische stehende und fließende Gewässer, Grundwasser) gefunden werden. Soll also ein Leitersystem das mit ihm versehene Object wirklich schützen, so muß es auch mit diesen Wassermassen in gut leitende Verbindung gesetzt werden und, wie nicht erst besonders betont zu werden braucht, selbst auch genügendes Leitungsvermögen besitzen, um die stärksten Entladungen ableiten zu können.

Die zuletzt skizzirte Aufgabe eines Blitzableiters, nämlich den Blitz in Bahnen zu lenken, in welchen er keinen Schaden anrichten kann, ist wohl die wichtigste; die zuerst geschilderte Aufgabe, durch stille Entladung (sogenannte Ausströmung) die Gewitterwolke unschädlich zu machen, wird sich in der Mehrzahl der Fälle, namentlich wenn einzeln stehende Objecte zu schützen sind, nicht befriedigend lösen lassen, da eine vereinzelte Blitzableiteranlage unzureichend sein wird, um die in einem gegebenen Momente wirkende, oft sehr gewaltige Menge der hochgespannten Wolkenelektricität zu vernichten. Daß aber gut angelegte Blitzableiter immerhin in dieser vorbeugenden, oder wie sie Melsens nennt, präventiven Art wirken können und dadurch den Blitzschlag, wenn auch nicht ganz verhindern, so doch erheblich abschwächen, möge nachstehend durch einige Beobachtungen nachgewiesen werden.

Im Jahre 1753 stellte, wie Arago berichtet, Beccaria zu Turin auf dem Dache der Kirche San Giovanni di Dio eine Eisenstange auf, deren unterer Theil zwischen Stützen aus solchen Substanzen befestigt war, welche den Blitz schwer durchlassen. In geringem Abstande von dem unteren Ende dieser Eisenstange war der Anfang des Leiters. Der höchste Theil der Stange trug eine drehbare Metallspitze, die man vermittelst einer seidenen Schnur nach Belieben gegen den Himmel oder nach der Erde richten konnte. Wenn die Spitze gesenkt war, gab der Apparat keine Funken; wandte man plötzlich die Spitze gegen Himmel, so zeigten sich wenige Augenblicke nachher Funken und

blieben wiederum aus, sobald man die Spitze auf's Neue gegen die Erde richtete. Dieser Versuch beweist unzweideutig, wie sehr eine spitze Stange einer stumpfen in Bezug auf Entladung des Blitzstoffes der Gewitterwolken überlegen ist. Bezüglich der Menge von Elektricität, welche die Blitzableiter mit Spitzen den Wolken entziehen, liefern Beccaria's Versuche ebenfalls das erforderliche Material zur Beurtheilung.

»Dieser geschickte Physiker hatte zu Turin an zwei von einander sehr entfernten Stellen des Palastes Valentino zwei dicke und steife Metalldrähte angebracht, die in der ihnen gegebenen Lage durch Nichtleiter festgehalten wurden. In geringer Entfernung von jedem dieser Drähte befand sich ein anderer Draht, der zur Erde hinab und ziemlich tief in dieselbe hineinging. Zur Zeit eines Gewitters nun sprangen lebhafte Funken, ich könnte sagen, Blitze der ersten Classe*) unaufhörlich zwischen den isolirten unteren Drähten über. Auge und Ohr waren kaum imstande, die Unterbrechungen wahrzunehmen. Das Auge bemerkte keine Unterbrechung des Lichtes, das Ohr vernahm ein fast ununterbrochenes Geräusch. Es wird kein Physiker mir widersprechen, wenn ich behaupte, daß jeder einzelne Funke schmerzhaft gewesen wäre, daß zehn Funken vereinigt, den Arm gelähmt, daß vielleicht hundert einen niederschmetternden Schlag gebildet hätten. Hundert Funken erschienen in weniger als zehn Secunden; es ging aber jedesmal in zehn Secunden von einem Drahte zum anderen eine Quantität Blitzstoff über, die einen Menschen hätte tödten können, in einer Minute 6 Mal so viel, in einer Stunde 60 Mal mehr als in einer Minute. Während eines Gewitters entzog also in einer Stunde jede Metallstange des Palastes Valentino den Wolken eine Quantität Blitzstoff, die 360 Menschen hätte tödten können. Es waren aber zwei solcher Stangen vorhanden, man muß aber die Zahl verdoppeln, so haben wir schon 720. Aber der Palast Valentino hatte sieben pyramidale, mit Metall bekleidete und mit den bis unter die Erdoberfläche hinabführenden Dachrinnen in Verbindung stehende Dächer. Die Gipfel dieser Pyramiden waren mit Spitzen versehen und erhoben sich höher in die Luft, als die Enden der beiden Drähte, mit welchen Beccaria seine Versuche anstellte. Alles berechtigt daher zu der Annahme, daß jede Pyramide wenigstens ebensoviel Blitzstoff abzog als jene dünnen Stangen. Wenn man also Alles auf's Niedrigste anschlägt, wenn man annimmt, daß der Valentino nur durch seine Spitzen wirkte und alle übrigen Theile des Gebäudes völlig wirkungslos waren, so würden wir dennoch bei diesem einzigen Gebäude die Quantität der dem Gewitter in dem kurzen Zeitraume einer Stunde entzogene Materie hinreichend finden, um 3240 Menschen zu tödten.«

*) Darunter sind Zick-Zack-Blitze verstanden (S. 391).

»Solchen Thatsachen gegenüber,« fügt Arago hinzu, »lege ich, offen gestanden, wenig Wert auf theoretische Betrachtungen, durch welche man den Blitzstoff, den die Blitzableiter den Gewitterwolken entziehen können, auf ein Unbedeutendes einschränken will. Jedenfalls würde dieses Unbedeutende die Kraft haben, Thüren einzuschlagen, Hausgeräthe zu zertrümmern und umzustürzen, Mauern zu zersprengen und Menschen zu tödten.«

»Und haben wir nicht andere Erfahrungen,« sagt Karsten, »welche diese Spitzenwirkung unzweifelhaft machen? Warum sind denn die Blitzschläge in den Städten so selten? Doch nicht etwa, weil sie wegen der vielen Blitzableiter ohne Schaden verlaufen und deshalb unbemerkt bleiben. Die Zahl der Blitzableiter ist klein genug. Nein, weil jedes Haus, jeder rauchende Schornstein Spitzenwirkung ausübt und namentlich eine sehr vollständige, wenn die Dächer und Hauswände durch Regen benäßt und leitend geworden sind. Wäre unsere Statistik über Brandschäden durch Blitz nur ein wenig besser, so würde sich zeigen, daß in Fabrikdistricten mit vielen hohen rauchenden Schornsteinen kaum ein schädigender Blitzschlag vorkommt. Endlich, ist nicht jeder Wald ein Beweis für diese den Blitz zur Erde hindernde Spitzenwirkung? Die Millionen Spitzen der Blätter und Nadeln hindern das Zustandekommen des Blitzes, der höchstens einzelne, besonders hervorragende Bäume des Waldes ab und zu trifft. Wäre dem nicht so, dann müßten jedes Jahr überall Waldbrände durch den Blitz erfolgen und es möchte kaum noch ein Wald existiren.«

Ferner verweisen wir auf die zahlreichen Experimente, die mit »elektrischen Drachen« und sogenannten »Wetterfängern« von de Romas, Charles, Franklin, Richmann, Dalibard u. A. durchgeführt wurden, bei welchen hin und wieder selbst durch sehr unvollkommene Leitungen ganz kolossale Quantitäten Elektricität erhalten wurden, ohne daß ein Blitzstrahl auf die Auffangspitze gelangt ist.

Aber auch directe Beobachtungen über die Entladung von Gewitterwolken durch Blitzableiter liegen in großer Anzahl vor. So erzählt Hemmer (Hemmer's Anleitung, p. 40) zum Beweise der Wirksamkeit der Blitzableiter anführend, wie

»zur gewitterzeit auf den spizen ser viler wetterleiter, in verschiedenen landen und gegenden, bleibende flämmchen, zum zeichen des abflusses des blitzstoffes, gesehen worden«,

die folgenden Ereignisse:

»Eine merkwürdige erscheinung diser art ist im jare 1781, des abends bei einem schweren gewitter, auf zweien wetterleitern des schlosses zu Nimfenburg, deren 17, jeder mit 5 spizen, darauf stehen, von dem ganzen kurfürstlichen hofe beobachtet worden, wodurch merere elek-

trische unglaubige so bekeret wurden, dass si ire häuser ebenfals wider di blitzstralen bewahren lisen. Nicht lang nach diser erscheinung hat sich daselbst eine weit merkwürdigere eräugnet. Es zog nämlich ein greuliches gewitter von westen gerad über dem schlosse nach osten hin, und sehet da, sobald di wetterwolken über dem schlosse hergegangen waren, glichen si toden kolen, und gaben nicht mer das mindeste feuer von sich, da si doch alle auf der anderen seite des schlosses, wo das gewitter her kam, so entsezlich blizeten, das der ganze himmel daselbst ein feüeriger strom zu sein schien.«,

Aehnliches berichtet Prokop Diviſch über die Wirkſamkeit ſeiner »meteorologiſchen Maſchine«, die er am 15. Juni 1754 aufgeſtellt hatte. (S. 141.) Gleich am ſelben Tage gelang ihm die Entladung einer Gewitterwolke. Die Gegenprobe bildete ein am 5. Juni 1756 aufſteigendes Gewitter, bei welchem die Maſchine durch den Sturm gebrochen wurde. Kaum war die Maſchine herabgeſtürzt, ſo entlud ſich das Gewitter. Ueber ein am 11. Juni desſelben Jahres ſtattgehabtes Gewitter berichtet Diviſch in nachſtehender Weiſe (l. c.):

»Kaum erreichte die Maschine ihre gewöhnliche Anhöhe, als alles Blitzen und Donnern aufgehöret, die finstren Wolken traten auseinander, und bliebe von dem Ungewitter nichts anderes zuruck, als ein geringer, mit Linsen-Körnlein grossem Eyss vermengter Regen; wo doch ausser diesem Bezirk in Millfrauen, und anderen Orten auf eine Entfernung von anderthalb Stunden fast alles niedergeschlagen wurde. Von dieser Stund an (dem ewigen Gott seye immerwährender Dank) herrschte um Brenditz immerfort eine günstige Luft, also zwar, dass obwohlen durch den Julium und Augustum schier täglich grosse Ungewitter entstanden, solche dennoch für diesen Ort, und die in Diametro auf 2 Stunden umliegende Ortschaften ohne allen Schaden vorbeigegangen. Dass aber die Abziehung des Wetters die eigene, und in der Natur gegründete Würkung dieser Maschine seye, kann von denen Gönnern sowohl als unsern Widersachern zur Zeit des Ungewitters in allmaligen Augenschein genommen werden, denn, sobald das Ungewitter 50 Grad an der Höhe erreichet, so erblicket man schon die Abziehung und Zertheilung in demselben. Gehet das Gewitter langsam, so ist die Abziehung gegen die Maschine wie pure Ströhme, weit und breit zu sehen; haltet solches aber einen schnellen Lauf, so erscheinet auch selbtes Stuck meist von einandergerissen; inmassen dann, da das elektrische Feuer im Gewölk abgenommen, ganz natürlich erfolget, dass das Gewölk auseinandergehen

müsse; zumahlen das Feuer durch seine anziehende Kraft das Gewölk (wie ein Leim zu sagen das Holz) zusammenfüget.«

Diese allgemeinen Bemerkungen vorausgeschickt, sollen nunmehr die Construction und Anlage der Blitzableiter selbst erörtert werden. Als die Hauptbestandtheile eines Blitzableiters können unterschieden werden: Die Auffangvorrichtung oder Auffangstange, die oberirdische oder Luftleitung und die unterirdische oder Erdleitung. Die Aufgabe der gesammten Anlage besteht darin, daß der Ausgleichung der Wolkenelektricität mit der durch sie erregten Influenzelektricität auf der Erdoberfläche, beziehungsweise mit der Influenzelektricität des Grundwassers ein sicherer und ausreichender Weg durch eine ununterbrochene metallische Leitung dargeboten wird. Hierbei muß diese Leitung auf dem zu schützenden Objecte so angebracht und ausgeführt sein, daß sie auf diesem den besten und directesten Weg von den höchsten Punkten des Objectes zum Grundwasser oder anderen größeren Wassermassen darstellt. Wir wollen nunmehr die einzelnen eben genannten Bestandtheile des Blitzableiters einer näheren Betrachtung unterwerfen.

1. Die Auffangstange.

Die Auffangstangen müssen in erster Linie derart construirt werden, daß sie auch den heftigsten Stürmen Widerstand leisten; da sie ferner auch eine gewisse (weiter unten zu besprechende) Höhe haben müssen, so ergibt sich bereits hieraus als zweckmäßigstes Material für die Stangen das Eisen. Sind die beiden ebengenannten Bedingungen erfüllt, so hat die Stange auch schon jenen Querschnitt erhalten, welcher sie befähigt, selbst die stärksten Blitzschläge zu leiten, ohne hierdurch beschädigt zu werden. Gleichgiltig ist es, welche Form man der Stange gibt, ob man sie durchwegs konisch verlaufen läßt, ob man sie cylindrisch formt oder ob man ihr eine gemischte Form ertheilt. Wird die Fangstange aus irgendwelchen Gründen nicht aus einem Stücke hergestellt, so ist auf eine äußerst sorgfältige Verbindung der einzelnen Theile unter einander durch Schweißung zu sehen; hier wie bei allen Theilen eines Blitzableiters ist auf eine tadellose und dauernd gesicherte, vollkommen metallische Continuität aller Theile, von der Blitzableiterspitze bis zur Erdplatte im Grundwasser die größte Sorgfalt zu verwenden. Es kann daher auch nicht gutgeheißen werden, wenn man sich damit begnügt, die einzelnen Theile nur durch Verschraubung unter einander zu verbinden.

Bedient man sich eiserner Röhren zur Herstellung der Auffangstange, so ist darauf zu sehen, daß diese eine Wandstärke besitzen, welche sowohl den Anforderungen in Bezug auf Festigkeit und Widerstandsfähigkeit als auch

bezüglich ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit in ihrer ganzen Ausdehnung spricht.

Eine Fangstange einfachster Form ist in Figur 227 dargestellt; Zinkblechmantel, welcher die Stange in ihrem unteren Theile umschließt,

Fig. 227. Fig. 228. Fig. 229.

Auffangstange.

Auffangstange.

Flaggenstange mit Windfahne und Auffangstange.

leiht der Fangstange nicht nur ein gefälliges Aussehen, sondern dient au dazu, das Eindringen von Regenwasser an der Befestigungsstelle der Stan auf dem Dache zu verhindern. Dieser Umstand ist wichtig, weil durch Nic beachtung desselben einerseits das Holz des Dachstuhles leicht in Fäuln

), andererseits, weil eine Ableitung der Elektricität nach unerwünschten ungen hin eintreten könnte.

Bei Gebäuden, welche in der einen oder anderen Art architektonisch schmückt werden, hat auch die Bedachung in der Regel keine einfache , sondern ist vielmehr durch Giebeln, Thürmchen und dergleichen geziert. Dächer von derlei Gebäuden tragen häufig Windfahnen, bei größeren uden wohl auch besondere Flaggenstangen oder solche, combinirt mit fahnen. Da derartige Aufsätze wegen ihrer Höhe, ihres Materials und gewöhnlich zahlreichen Spitzen und Kanten ohnehin unbedingt in die ableitung einbezogen werden müssen, erscheint es in vielen Fällen zweck- z, sie selbst gleich als Fangstangen zu benützen und dementsprechend zu ten. Der Blitzableiter bildet dann, in dieser Weise ausgeführt, eine Zierde Gebäudes, wie dies z. B. aus Figur 228 zu ersehen ist. Unterhalb der ist die Windfahne angebracht, die man, um ein Rosten zu vermeiden, näßig aus Rothkupfer verfertigt. Unterhalb derselben zeigt ein mit den echenden Buchstaben versehenes horizontales Kreuz die vier Weltgegenden Der ornamentirte Mantel der Fangstange kann aus Zinkblech oder Zink- hergestellt sein. Es ist zweckmäßiger, drehbare Ornamente, wie eben die fahne, in der Weise an der Stange zu befestigen, daß sich erstere um tztere dreht, als auch die Stange an der Drehung theilnehmen zu lassen. res würde nämlich eine Unterbrechung der Auffangstange erfordern, was ie vollständige Sicherung einer gleichförmigen Leitungsfähigkeit in der n Länge der Stange unvortheilhaft wäre.

Flaggenstangen aus Holz versieht Berghausen mit einem soliden llknopfe, auf welchem eine Platinspitze aufgesetzt ist; das Drahtseil der ng schließt sich an den Metallknopf an. Um bei Reparatur, Anstrich dergleichen die Stange ohne Beschädigung des Ableiters umlegen zu n, erhält das Drahtseil der Leitung unmittelbar über dem Dache eine echende Verschraubung. In dieser Weise hat Berghausen in Köln die enstangen auf den Thürmen der neuen Elbbrücken bei Hamburg und urg, auf der Rheinbrücke bei Hochfeld u. s. w. eingerichtet. Bis zu sechs r Höhe hat man auch konische schmiedeeiserne Röhren zu Flaggenstangen, welche einfach das Drahtseil durchgeführt wird, verwendet. Unter dem se ist die Rolle mit der Leine zum Aufziehen der Flagge. Figur 229 in welcher Weise auch eine Windfahne auf der Flaggenstange ange- t werden kann.*)

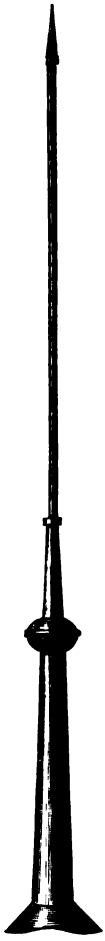
Auch die auf Kirchthürmen zur Zierde häufig aufgesetzten Ornamente, reuz, Adler, Hahn u. dergl., erfordern besondere Beachtung, speciell dann,

*) Dr. O. Buchner, Construction und Anlegung der Blitzableiter.

bezüglich ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit in ihrer ganzen Ausdehnung entspricht.

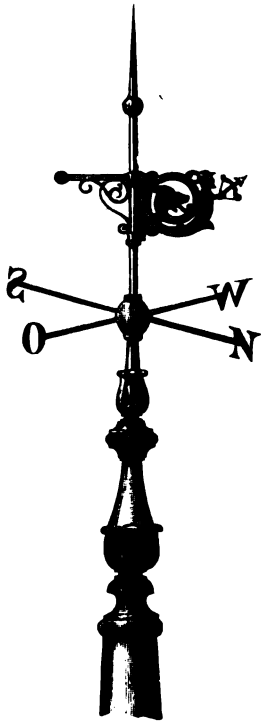
Eine Fangstange einfachster Form ist in Figur 227 dargestellt; der Zinkblechmantel, welcher die Stange in ihrem unteren Theile umschließt, ver-

Fig. 227.



Auffangstange.

Fig. 228.



Auffangstange.

Fig. 229.

Flaggenstange mit Windfahne und Auffangstange.

leiht der Fangstange nicht nur ein gefälliges Aussehen, sondern dient auch dazu, das Eindringen von Regenwasser an der Befestigungsstelle der Stange auf dem Dache zu verhindern. Dieser Umstand ist wichtig, weil durch Nicht beachtung desselben einerseits das Holz des Dachstuhles leicht in Fäulniß

geräth, andererseits, weil eine Ableitung der Elektricität nach unerwünschten Richtungen hin eintreten könnte.

Bei Gebäuden, welche in der einen oder anderen Art architektonisch ausgeschmückt werden, hat auch die Bedachung in der Regel keine einfache Form, sondern ist vielmehr durch Giebeln, Thürmchen und dergleichen geziert. Die Dächer von derlei Gebäuden tragen häufig Windfahnen, bei größeren Gebäuden wohl auch besondere Flaggenstangen oder solche, combinirt mit Windfahnen. Da derartige Aufsätze wegen ihrer Höhe, ihres Materials und ihrer gewöhnlich zahlreichen Spitzen und Kanten ohnehin unbedingt in die Blitzableitung einbezogen werden müssen, erscheint es in vielen Fällen zweckmäßig, sie selbst gleich als Fangstangen zu benützen und dementsprechend zu gestalten. Der Blitzableiter bildet dann, in dieser Weise ausgeführt, eine Zierde des Gebäudes, wie dies z. B. aus Figur 228 zu ersehen ist. Unterhalb der Spitze ist die Windfahne angebracht, die man, um ein Rosten zu vermeiden, zweckmäßig aus Rothkupfer verfertigt. Unterhalb derselben zeigt ein mit den entsprechenden Buchstaben versehenes horizontales Kreuz die vier Weltgegenden an. Der ornamentirte Mantel der Fangstange kann aus Zinkblech oder Zinkguß hergestellt sein. Es ist zweckmäßiger, drehbare Ornamente, wie eben die Windfahne, in der Weise an der Stange zu befestigen, daß sich erstere um die letztere dreht, als auch die Stange an der Drehung theilnehmen zu lassen. Letzteres würde nämlich eine Unterbrechung der Auffangstange erfordern, was für die vollständige Sicherung einer gleichförmigen Leitungsfähigkeit in der ganzen Länge der Stange unvortheilhaft wäre.

Flaggenstangen aus Holz versieht Berghausen mit einem soliden Metallknopfe, auf welchem eine Platinspitze aufgesetzt ist; das Drahtseil der Leitung schließt sich an den Metallknopf an. Um bei Reparatur, Anstrich und dergleichen die Stange ohne Beschädigung des Ableiters umlegen zu können, erhält das Drahtseil der Leitung unmittelbar über dem Dache eine entsprechende Verschraubung. In dieser Weise hat Berghausen in Köln die Flaggenstangen auf den Thürmen der neuen Elbbrücken bei Hamburg und Harburg, auf der Rheinbrücke bei Hochfeld u. s. w. eingerichtet. Bis zu sechs Meter Höhe hat man auch konische schmiedeeiserne Röhren zu Flaggenstangen, durch welche einfach das Drahtseil durchgeführt wird, verwendet. Unter dem Knopfe ist die Rolle mit der Leine zum Aufziehen der Flagge. Figur 229 zeigt, in welcher Weise auch eine Windfahne auf der Flaggenstange angebracht werden kann.*)

Auch die auf Kirchthürmen zur Zierde häufig aufgesetzten Ornamente, wie Kreuz, Adler, Hahn u. dergl., erfordern besondere Beachtung, speciell dann,

*) Dr. O. Buchner, Construction und Anlegung der Blitzableiter.

fallender Blitzstrahl sie nicht zu schmelzen vermag, und soll überdies noch allen Einwirkungen der Atmosphäre dauernd widerstehen; überdies darf auch ihr Preis kein unverhältnißmäßig hoher sein. Eine Spitze, die allen diesen Bedingungen entspricht, ist nicht herstellbar. Schon die Erfüllung der ersten Bedingung, die Spitze so zu gestalten, daß sie einer mathematischen Spitze möglichst nahe kommt, ist praktisch nicht durchführbar. Zwar hatte die französische Commission vom Jahre 1823 in der That vorgeschlagen, auf das aus Messing zu fertigende obere Ende der Auffangstange eine 5 Centimeter lange Platinnadel aufzulöthen und die Löthstelle durch einen gut aufgepaßten Kupferring zu verstärken, aber es zeigte sich gar bald die gänzliche Unbrauchbarkeit dieser Spitzen, die der schwächste Blitzstrahl ganz zusammenschmolz.

Man hat seither eine Unzahl von Vorschlägen gemacht, sowohl bezüglich des Materials, welches zur Anfertigung der Spitzen verwendet werden soll, als auch bezüglich der Form, welche man der Spitze zu geben habe, um die günstigste Wirkung zu erzielen. Obwohl unserer Ansicht nach so ziemlich die einfachsten Formen die empfehlenswertesten sind, wollen wir doch nachstehend einige der vorgeschlagenen Formen mittheilen, um den Leser hierüber wenigstens beiläufig zu orientiren.

Beginnen wir mit der zweiten französischen Commission, die im Jahre 1854 einberufen wurde. Diese gab die scharfen Spitzen auf, empfahl vielmehr solche von der in Figur 234 abgebildeten Form. Das Ende der eisernen Fangstange, welche oben einen Durchmesser von zwei Centimeter besitzt, erhält ein Schraubengewinde von einem Centimeter Höhe und einem Centimeter Durchmesser. Hierauf schraubt man einen mit entsprechender Schraubenmutter versehenen Kegel aus Platin, der an seiner Basis einen Durchmesser von zwei Centimeter bei einer Höhe von vier Centimeter hat. Aus dieser Construction resultirt ein Endwinkel von beiläufig 28 Grad. Die Verbindung der Spitze mit der Fangstange wird nach der Verschraubung noch durch Schweißung vollkommen gesichert. Es ist nun allerdings nicht zu leugnen, daß diese Spitze ihrem Zwecke recht gut entspricht; hingegen ist zu bedenken, daß der Preis des Platins ein ziemlich hoher ist. Der Kostenaufwand für dieses Metall kann allerdings dadurch verringert werden, daß man unter Beibehaltung der äußeren Form und der Dimensionen auch den Kern der kegelförmigen Spitze aus Eisen bestehen läßt und auf dieses nur einen Kegelmantel aus Platin aufsetzt. Wird die Verlöthung des Platinmantels mit dem Eisenkerne sorgfältig ausgeführt, so steht diese Spitze der ersterwähnten in keiner Weise nach.

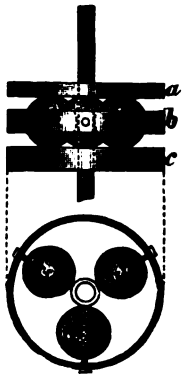
Wie Buchner mittheilt, wendet Berghausen in Köln mit großem Vortheile die in Figur 235 abgebildete Form der Spitze an. »Das Kupferdrahtseil (der Leitung) steht über das obere Ende der röhrenförmigen Fang-

Raum, um die Fangstange durchzulassen, welche auch den Hahn in einer röhrenförmigen Führung durchsetzt. Die Kugeln rollen auf der an der Stange befestigten Scheibe c und der Hahn ist einfach auf die Kugeln daraufgestellt, wodurch er sehr leicht durch den schwächsten Windstoß gedreht werden kann. Das Abheben des Hahnes durch kräftigen Wind wird durch die Verschraubung verhindert, durch welche die die Spitze tragende Kupferstange oberhalb des Hahnes mit der Fangstange verbunden ist.

Figur 233 zeigt endlich eine einfach ornamentirte Auffangstange für mehrfache Spitzen, wie sie z. B. Callaud anwendet. Die vier Schnecken am

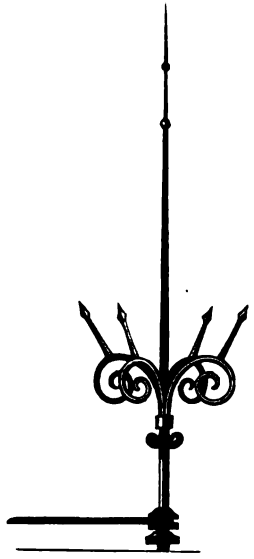
Fig. 231.

Fig. 232.



Verbindung eines Hahnes mit der Fangstange.

Fig. 233.



Fangstange nach Callaud.

unteren Theile der Fangstange sind aus Schmiedeeisen und mit der Stange durch einen soliden Ring verschraubt. Jede dieser Schnecken trägt eine etwas geneigte kleine Fangstange mit Platinspitze.

Vorstehendes möge über die Form der Stangen als Ganzes genügen; hingegen wird es zweckmäßig sein, noch Einiges über das obere Ende der Stange, über die Spitze, hinzuzufügen. Diese bildet, wie aus den oben (S. 687 u. f.) gepflogenen Erörterungen zu entnehmen ist, einen wesentlichen und beachtenswerten Theil des Blitzableiters. Die Spitze soll, um ihre Aufgabe möglichst gut zu lösen, so scharf gemacht werden, als dies überhaupt ausführbar ist, sie soll, trotz der hierdurch bedingten Feinheit, ein vorzügliches Leitungsvermögen besitzen, sie soll einen so hohen Schmelzpunkt haben, daß ein auf sie

fallender Blitzstrahl sie nicht zu schmelzen vermag, und soll überdies noch allen Einwirkungen der Atmosphäre dauernd widerstehen; überdies darf auch ihr Preis kein unverhältnißmäßig hoher sein. Eine Spitze, die allen diesen Bedingungen entspricht, ist nicht herstellbar. Schon die Erfüllung der ersten Bedingung, die Spitze so zu gestalten, daß sie einer mathematischen Spitze möglichst nahe kommt, ist praktisch nicht durchführbar. Zwar hatte die französische Commission vom Jahre 1823 in der That vorgeschlagen, auf das aus Messing zu fertigende obere Ende der Auffangstange eine 5 Centimeter lange Platinnadel aufzulöthen und die Löthstelle durch einen gut aufgepaßten Kupferring zu verstärken, aber es zeigte sich gar bald die gänzliche Unbrauchbarkeit dieser Spitzen, die der schwächste Blitzstrahl ganz zusammenschmolz.

Man hat seither eine Unzahl von Vorschlägen gemacht, sowohl bezüglich des Materials, welches zur Anfertigung der Spitzen verwendet werden soll, als auch bezüglich der Form, welche man der Spitze zu geben habe, um die günstigste Wirkung zu erzielen. Obwohl unserer Ansicht nach so ziemlich die einfachsten Formen die empfehlenswertesten sind, wollen wir doch nachstehend einige der vorgeschlagenen Formen mittheilen, um den Leser hierüber wenigstens beiläufig zu orientiren.

Beginnen wir mit der zweiten französischen Commission, die im Jahre 1854 einberufen wurde. Diese gab die scharfen Spitzen auf, empfahl vielmehr solche von der in Figur 234 abgebildeten Form. Das Ende der eisernen Fangstange, welche oben einen Durchmesser von zwei Centimeter besitzt, erhält ein Schraubengewinde von einem Centimeter Höhe und einem Centimeter Durchmesser. Hierauf schraubt man einen mit entsprechender Schraubenmutter versehenen Kegel aus Platin, der an seiner Basis einen Durchmesser von zwei Centimeter bei einer Höhe von vier Centimeter hat. Aus dieser Construction resultirt ein Endwinkel von beiläufig 28 Grad. Die Verbindung der Spitze mit der Fangstange wird nach der Verschraubung noch durch Schweißung vollkommen gesichert. Es ist nun allerdings nicht zu leugnen, daß diese Spitze ihrem Zwecke recht gut entspricht; hingegen ist zu bedenken, daß der Preis des Platins ein ziemlich hoher ist. Der Kostenaufwand für dieses Metall kann allerdings dadurch verringert werden, daß man unter Beibehaltung der äußeren Form und der Dimensionen auch den Kern der kegelförmigen Spitze aus Eisen bestehen läßt und auf dieses nur einen Kegelmantel aus Platin aufsetzt. Wird die Verlöthung des Platinmantels mit dem Eisenkerne sorgfältig ausgeführt, so steht diese Spitze der ersterwähnten in keiner Weise nach.

Wie Buchner mittheilt, wendet Berghausen in Köln mit großem Vortheile die in Figur 235 abgebildete Form der Spitze an. »Das Kupferdrahtseil (der Leitung) steht über das obere Ende der röhrenförmigen Fang-

ge hervor und wird mit dieser bei E verlöthet. Dann wird die hohle erne Spitze B fest auf das Drahtseilende aufgeschraubt, bis zur vollen llischen Berührung mit der Fangstange; es darf also das hervorragende e des Drahtseiles weder zu lang noch zu kurz sein. Die Verbindungs-

Fig. 235.

Fig. 234.

Fig. 237.

Fig. 236.

Blitzableiter-Spitzen.

le bei E wird durch einen aufgeschraubten Muff G überdeckt und bei F hmals verlöthet. Auf das obere Ende der Kupferspitze wird eine Platin-ze A metallisch eingelassen und mit Silber aufgelöthet. Auf diese Weise steht eine wenigstens doppelte metallische Verbindung der Spitze mit Stange Ableiter und die Praxis hat gezeigt, daß Schmelzungen bei Blitzschlag sehr selten vorkommen; nur eine der geschmolzenen Spitzen mußte von rghausen ersetzt werden, die anderen waren aber noch so spitz und glatt,

daß sie ohne Bedenken stehen bleiben konnten; die früher benützten ausschließlich kupfernen Spitzen schmolzen hingegen viel stärker.

C. Kuhn hält reines Silber für das weitaus beste Spitzenmaterial, da das Leitungsvermögen desselben für Entladungsströme beiläufig

1·36 Mal so groß, wie das des reinen Kupfers
1·81 » » » » » » » Goldes
7·7 » » » » » » » Eisens
9·6 » » » » » » » Platins

ist und sein Schmelzpunkt bei 1000° C. liegt, also jedenfalls hoch genug, um eine Veränderung der Cohäsion durch Einfluß der Wärme nicht befürchten zu müssen, wenn die Leitungsfähigkeit der Spitze selbst ausreichend ist.

»Die Unveränderlichkeit unter dem Einflusse der Atmosphäre,« sagt Kuhn, »ist ohnehin eine charakteristische Eigenschaft des Silbers, und es würden höchstens derartige Aenderungen nur dann eintreten können, wenn das Silber einer Atmosphäre ausgesetzt wird, welche luft- oder wasserförmige Schwefelverbindungen enthält. Außerdem ist bei gleichem Gewichte der Preis des Silbers nur etwa der vierte oder fünfte Theil von dem des Platins und es mögen die Kosten einer Silberspitze kaum so viel wie die einer vergoldeten Kupferspitze betragen; ferner läßt sich das Silber sehr leicht bearbeiten und mit anderen Metallen durch Löthen verbinden. Eine solche Silberspitze würde, wenn ihre Basis einen Durchmesser von 8 bis 9 Linien erhält, viel länger gemacht werden dürfen als eine Platinspitze, ohne daß die Kosten dabei sich höher herausstellen, wie für die aus Platin, während ihre Wirksamkeit hierdurch erhöht werden könnte. Man kann es daher vorläufig als ausgemacht ansehen, daß, so lange ein anderes Metall oder eine Metall-Legirung, die jene Eigenschaften in noch höherem Grade besitzen, wie das Silber nicht angegeben werden kann, dieses Metall für den vorliegenden Zweck am geeignetsten sein dürfte.«

Diese Silberspitzen sollen seit ihrer Empfehlung durch Kuhn vielfach und speciell in Rheinpreußen häufig zur Anwendung gelangen.

Da die älteren Vorschläge, Platin als Spitzenmaterial zu verwenden, wegen der schwierigen Bearbeitung und des hohen Preises wenig Aussicht auf allgemeine Einführung hatten, entschloß sich bereits die französische Commission vom Jahre 1855, das schon von Franklin vorgeschlagene Kupfer neuerdings als Spitzenmaterial zu empfehlen. In der That ist das Leitungsvermögen des Kupfers ein sehr hohes, nach dem Silber, wie oben angegeben, das höchste. Die Kupferspitze wird sich daher durch einen Entladungsstrom bedeutend weniger erhitzen als eine gleiche Spitze aus Platin. Die Commission schlug vor, mit dem eisernen Ende der Fangstange einen

Kupfercylinder von 2 Centimeter Durchmesser zu verschrauben und zu verlöthen und diesen zu einem Kegel zuzuschärfen, dessen Basisdurchmesser zur Höhe sich wie 2:3 verhält.

Die Commission hat es nicht für nothwendig befunden, die Kupferspitze durch einen Ueberzug aus irgend einem edlen Metalle gegen Oxydation zu schützen, während man in Deutschland hingegen durch Vergoldung der Spitze häufig einen solchen Schutz anstrebt. Auch läßt man die Spitze in einen kleineren Endwinkel auslaufen. So hat z. B. die General-Inspection des Ingenieur-Corps und der Festungen zu Berlin die in Figur 236 dargestellte Form vorgeschlagen. Die Spitze ist ganz von Kupfer und am oberen Theile stark im Feuer vergoldet. Das obere Ende des verzinkten Eisenseiles (der Leitung) ist in eine kupferne Hülle eingelöthet und das Ganze dann an der Spitze fest angeschraubt. Durch Umwickeln und Verlöthen von Kupferdrähten oder noch besser mittelst kupferner Klammern wird die Spitze und das Seil nun an die oben abgerundete eiserne Auffangstange befestigt.

M. Lindner ist der Ansicht, daß es vollständig genügen würde, die Enden der Auffangstangen zuzuspitzen und nur die äußerste Zuspitzung mit einem schwer oxydirbaren Ueberzuge zu versehen, wenn hiergegen nicht praktische Schwierigkeiten sprächen. Lediglich aus diesem Grunde ist es rathsam, auf die Auffangstange eine einfache Spitze aufzuschrauben. Eine solche einfache bewährte Spitze ist in Figur 237 dargestellt. Ein 20 Centimeter langer und 13 Millimeter starker Stab aus reinem Kupfer ist am oberen Ende 30 Millimeter lang zugespitzt und daselbst mit einem Platinblechkegel versehen, während am unteren Ende eine Rothgußpatrone solid aufgeschraubt ist, durch welche gleichzeitig die Spitze auf der Stange festgezogen wird.

In neuerer Zeit ist auch von verschiedenen Seiten Nickel als Spitzenmaterial vorgeschlagen worden, und zwar deshalb, weil es den Einflüssen der Witterung gut widerstehen soll. In der That ist das Nickel ein Metall, welches chemischen Einwirkungen ziemlich gut widersteht. Dieser Eigenschaft und dem Umstande, daß es beim Poliren einen schönen silberähnlichen Glanz annimmt, verdankt es seine gegenwärtig vielfältige Anwendung zum Ueberziehen von Metallwaaren aller Art — leider auch zu Kochgeschirren, trotzdem es in Säuren nicht absolut unlöslich ist und die Nickelsalze giftig sind. Als Spitzenmaterial ist aber das Nickel aus dem Grunde nicht zu empfehlen, weil es von allen bisher empfohlenen und angewandten Metallen den größten Leitungswiderstand besitzt. Nach Matthiesen beträgt nämlich der specifische Widerstand bei Null Grad Celsius für einen Kubikcentimeter

Silber	1·521 Mikroohm
Kupfer	1·616 »

Gold	2·081	Mikroohm
Platin	9·158	»
Eisen (geglüht)	9·825	»
Nickel	12·600	»

Hiernach würde also als bestes Material für die Spitzen das Silber anzusehen sein, worauf schon C. Kuhn aufmerksam gemacht hat; dies erfüllt überdies auch noch die Anforderung, den Einflüssen der Atmosphäre gut zu widerstehen. Die Spitze soll aber außerdem noch schwer schmelzbar sein; vergleichen wir diesbezüglich die hier in Betracht kommenden Metalle, so ergeben sich folgende Schmelzpunkte:

für Platin	2500	Grade	Celsius
» Schmiedeeisen	1600	»	»
» Gold	1200	»	»
» Kupfer	1100	»	»
» Silber	950	»	»

Von den angeführten Metallen besitzt also das Silber den niedrigsten Schmelzpunkt. Da Eisen und Platin ihres hohen Leitungswiderstandes wegen sich nicht besonders gut eignen, bleiben also als Material für Spitzen nur Gold, Silber und Kupfer übrig. Unter diesen drei Metallen ist aber das Kupfer das weitaus billigste und steht dieses bezüglich seiner Leitungsfähigkeit dem Silber sehr nahe, dem es überdies bezüglich seines Schmelzpunktes überlegen ist. Somit wäre dieses zur Herstellung der Spitzen als das geeignetste Metall zu bezeichnen, wenn es den Einwirkungen der Atmosphäre besseren Widerstand leisten könnte. Diesem Uebelstande kann jedoch durch eine gute Versilberung oder Vergoldung abgeholfen werden. Wir würden sonach empfehlen, die Blitzableiterspitzen aus Kupfer herzustellen, und zwar, um ein frühzeitiges Abschmelzen möglichst zu verhindern, mit mäßig scharfer Spitze. Diese ist in der Regel gut zu versilbern, und zwar im Feuer, nicht galvanisch, weil durch die Feuerversilberung ein vollkommener Zusammenhang des Silbers mit dem Kupfer erhalten wird. An Stelle der Versilberung muß eine Vergoldung in jenen Fällen treten, in welchen die Spitze der Einwirkung saurer Dämpfe oder der Gichtgase ausgesetzt ist.

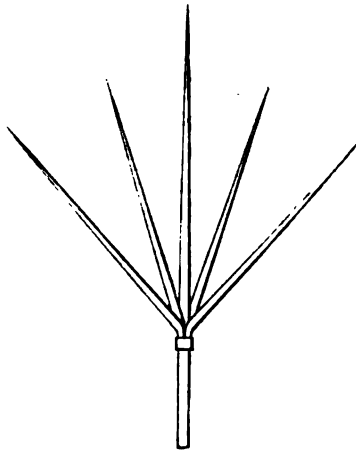
Schließlich mögen noch einige Spitzen Erwähnung finden, die von den bisher angegebenen principiell abweichen und deren Brauchbarkeit erst durch längere Erfahrung noch festzustellen ist. Hierzu rechnen wir zunächst die von Ad. Bein construirte, in Figur 238 abgebildete Spitze. Das Material derselben besteht aus einer patentirten Massa, deren Hauptbestandtheil Graphit bildet. Die Massa soll infolge ihrer vielfachen Zacken und Spitzen sowohl eine dem Auge wohlgefällige Form ermöglichen, als auch eine Vertheilung des

Blitzes beim Einschlagen bewirken; ferner wird, als auf einen Vorzug, auf ihre Unschmelzbarkeit hingewiesen. Zu bemerken ist noch, daß bereits Patterson

Fig. 238.

Bein's Blitzableiter.

Fig. 239.



Imhof's Spitzenbündel.

vorgeschlagen hat, Spitzen aus Reißblei zu verfertigen, van Marum aber dieses Material als nicht geeignet bezeichnete.

Auch mehrfache Spitzen scheinen schon seit geraumer Zeit zur Anwendung gekommen zu sein; C. Kuhn schreibt nämlich, Henley habe im Jahre 1772 den Blitzableiter einer Capelle zu London, der vorher dreispitzig war und von einem Blitzschlage zerstört wurde, nachher nicht mehr mit mehreren Spitzen versehen lassen. Ein eifriger Vertheidiger der Blitzableiter mit mehrfachen Spitzen war Imhof, dessen Anordnung in Figur 239 dargestellt ist. Es wurden um die mittlere verticale Spitze vier Spitzen, jede um 45 Grade gegen den Horizont geneigt, angebracht. Derartige Spitzen scheinen vielfache Verwendung gefunden zu haben.

In neuerer Zeit hat auch Melsens die mehrfachen Spitzen für sein Blitzschutzsystem angenommen. Melsens verwendet an Stelle einer hohen, schwer zu befestigenden Fangstange 0·5 bis 2 Meter hohe Spitzenbüschel. Sechs bis sieben Spitzen sind mit einer Neigung von 45 Grad büschel- oder fächerförmig an der längeren verticalen Spitze befestigt. Sie haben 6 bis 8 Millimeter Durch-

messer an der Basis und sind aus Rothkupfer oder verzinktem Eisen angefertigt; auch Eisendraht mit aufgesetzter Kupferspitze kommt zuweilen zur Verwendung. Zehn solcher Spitzenbüschel mit zusammen 60 bis 70 Spitzen sollen nicht so hoch kommen, wie eine Stange alten Modells.

Zenger endlich sieht von der Anwendung einer Spitze an der Auffangvorrichtung überhaupt ganz ab, ersetzt sie vielmehr durch ein Ovoid. Dies wird experimentell in nachstehender Weise begründet: Läßt man bei den auf Seite 24 beschriebenen Experimenten die Entladung zwischen Condensatorplatte und Auffangvorrichtung am Elektroskope erfolgen, so tritt eine Funkenentladung, also eine blitzähnliche Erscheinung ein, wenn die mit einer Spitze versehene Auffangvorrichtung 45 bis 50 Centimeter von der Condensatorplatte entfernt ist; endet die Auffangspitze in einem Ovoide, so erfolgt der Funke erst in einer Entfernung von nur 10 Centimeter und bei Anwendung einer Kugel auf 8 Centimeter. »Da nun,« schließt Zenger, »die Blitzentladung zu vermeiden und die ruhige büschelförmige Ausströmung zu befördern ist, erscheint die Verwendung eines Ovoides angezeigter, als die einer Spitze. Das Ovoid ist überdies infolge seiner stärkeren Masse der Gefahr des Schmelzens weniger ausgesetzt als eine feine Spitze.«

Wir haben bislang nur die Form der Auffangstange in Betracht gezogen, auf deren Dimensionen, speciell die Höhe derselben keine Rücksicht genommen. Daß die richtige Bemessung der letzteren aber von Wichtigkeit ist, können wir aus den oben gegebenen theoretischen Betrachtungen entnehmen. Hieraus können wir ersehen, daß die Höhe einer Auffangstange dann zweckmäßig bemessen sein wird, wann die Spitze der Gewitterwolke näher zu stehen kommt, als irgend ein anderer Theil des zu schützenden Objectes. Sonach hängt die Höhe der Stange einerseits von der Form und Größe des zu schützenden Objectes und andererseits von der Stellung der Wolke ab. Den ersterwähnten Umstand zu berücksichtigen, bietet selbstverständlich keine Schwierigkeit dar. Dem letzteren hingegen kann nur annähernd Genüge geleistet werden, da sowohl die Stellung, Größe und Bewegung der Gewitterwolken eine verschiedene ist, als auch die Vertheilung und Intensität ihrer elektrischen Ladung. Die Frage um die richtige Höhe der Auffangstange oder die umgekehrte Frage, welchen Raum schützt eine Stange von gegebener Höhe, ist nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht zu beantworten und wird vielleicht auch künftig nicht beantwortet werden.

Es wurden aber zahlreiche Untersuchungen über den **Schutzkreis**, beziehungsweise **Schutzraum** ausgeführt und verschiedene Ansichten und Regeln hierüber ausgesprochen. Die wichtigsten mögen nachstehend eine kurze Erwähnung finden. Franklin selbst stellte keine eigentliche Regel auf, sondern

forderte nur, daß der Blitzableiter 6 bis 8 Fuß den Gipfel des Gebäudes überragen soll und daß für große Gebäude zwei oder mehrere Blitzableiter aufgestellt werden.

Landriani will, auf verschiedene Beispiele von Blitzschlägen gestützt, den Halbmesser des Wirkungskreises eines Blitzableiters nur zwei bis drei Mal so groß als die Höhe des Blitzableiters angenommen wissen, und fordert hierbei überdies noch, daß einzelne hervorragende Theile des Gebäudes mit Spitzen versehen werden, die mit der Hauptleitung in Verbindung zu setzen sind. Es ist dies eigentlich auch die Regel, welche von der französischen Commission im Jahre 1823 angenommen wurde, welche nach Charles lautet: Der Wirkungskreis eines Blitzableiters ist ein kreisförmiger Raum, dessen Radius doppelt so groß ist als die Auffangstange. Die genannte Commission erklärt übrigens auch diese Charles'sche Regel für unsicher und schränkt deren Anwendung durch verschiedene Vorbehalte ein.

Da hiermit eigentlich wieder kein sicherer Anhaltspunkt gegeben war, sah sich Arago veranlaßt, die Frage neuerdings zu studiren. Das Resultat dieser Studien war: man sei berechtigt, die Weite der schützenden Kraft der auf den höchsten Theilen der Gebäude errichteten Blitzableiter auf das Doppelte der Höhe der Auffangstange über der Befestigungsstelle anzuschlagen. Buchner gibt der Regel folgende Fassung: »Der Umfang der schützenden Kraft eines auf den höchsten Theilen der Gebäude angebrachten Blitzableiters ist zu dem Doppelten der Höhe der Auffangstange über ihren Befestigungspunkt anzuschlagen.« Dieser Regel ist die Bemerkung angeschlossen: »Es läßt sich diese Regel in keiner Weise wissenschaftlich aus den Gesetzen, die wir über die Elektricität kennen, begründen. Sie ist jedoch der Erfahrung angepaßt und muß in Ermanglung einer größeren wissenschaftlichen Sicherheit festgehalten werden.«

W. Holtz versteht unter Schutzraum einen geraden, rechtwinkeligen Kegel, dessen Spitze mit der Spitze der Auffangstange zusammenfällt. »Hiernach ist das Gebäude geschützt, wenn jeder der genannten Punkte (untere Dachecken, Enden der First und was diese überragt) von der nächsten Auffangstange oder deren nach unten gedachter Verlängerung in horizontaler Richtung keinen größeren Abstand hat als selbiger Punkt, vertical gemessen, unter der Spitze dieser Stange liegt.« Hierzu werden noch verschiedene einfachere Regeln für specielle Fälle gegeben, von denen einige mitgetheilt werden mögen. Ein gewöhnliches Gebäude ist durch eine Auffangstange geschützt, wenn diese zweimal hintereinander horizontal umgelegt gedacht, so weit als die Ecken der Mauern reichen würde. Holtz will jedoch mit der Länge der Auffangstangen nur dann bis zu 5 Meter gehen, wenn es unbedingt noth-

wendig ist, weil bereits bei dieser Länge die Aufstellung und Befestigung der Stange unsicher und schwierig wird; in der Regel wird man daher nicht bis zu dieser Länge gehen, sondern lieber zwei oder mehr kürzere Stangen aufstellen. Durch zwei Stangen würde ein Gebäude am einfachsten in der Weise geschützt, daß jede Stange für eine Hälfte zur Verwendung käme; doch da es sich mehr um die Enden als die Mitte des Gebäudes handelt, rückt man die Stangen lieber so weit gegen die Enden der Firste, daß diese nach der vorhin gegebenen Regel sicher geschützt sind und begnügt sich in der Mitte mit einem Zusammentreffen erst nach dreimaliger Umlegung.

Man ist stets genöthigt, mehr als zwei Fangstangen aufzustellen, wenn das zu schützende Gebäude einen unregelmäßigen Grundriß besitzt, wenn hervorragende Ornamente oder Thürme vorhanden sind oder überhaupt besondere Verhältnisse das Einschlagen eines Blitzes begünstigen. Bei ganz flacher Bedachung muß die Fangstange schon nach einmaliger Umlegung das Gebäude decken. Die Anforderungen, welche in speciellen Fällen gestellt sind, sollen uns später noch beschäftigen.

G. Karsten gibt für die Höhe und Zahl der Auffangstangen folgende Regel: Die Höhe der Auffangstangen und deren Zahl ist so zu wählen, daß bei Gebäuden von einfacher, regelmäßiger Form (quadratische oder rechteckige Querfläche) der Halbmesser des Schutzkreises jeder Stange auf die doppelte Höhe derselben angeschlagen wird, bei Gebäuden von anderer Form oder bei gefährlichen Anlagen nur auf die einfache Höhe. Aus Rücksicht auf sichere und feste Aufstellung ist es besser, mehrere kurze, statt einer übermäßig langen Auffangstange zu verwenden.

Nach W. H. Preece ist der Schutzraum eines Blitzableiters ein Kegel, dessen Spitze mit der Spitze der Fangstange zusammenfällt und dessen Basis einen Kreis bildet, mit einem Radius gleich der Höhe des Blitzableiters. Diese Fixirung des Schutzraumes wird in folgender Weise begründet. Eine Gewitterwolke nähert sich seitlich dem Blitzableiter. Man zieht von der Wolke eine Linie zur Blitzableiterspitze und eine Linie senkrecht zur Erde; die Entladung der Wolke erfolgt dann offenbar durch den Blitzableiter, wenn die zur Erde gezogene Linie gleiche Länge hat, als die die Wolke und die Blitzableiterspitze verbindende Linie.

Firmin Larroque, Melsens u. A. halten die Bestimmung des Schutzraumes überhaupt für unmöglich und sehen die Wirksamkeit der Blitzableiter eigentlich nur in der Ableitung des Blitzstrahles von der Wolke zur Erde. Die Höhe der Fangstange wird daher auch als ziemlich gleichgiltig betrachtet, und zwar umsomehr, als sie im Vergleiche zur Entfernung der Wolken doch nur selten in Betracht gezogen werden kann; hingegen legt man

auf eine große Anzahl von Spitzen und Leitungen Wert und sieht nur hierin einen wirklich sicheren Schutz. Da aber die größere Sicherheit, welche das Melsens'sche oder ähnliche Systeme gegenüber dem Franklin'schen Blitzableiter gewähren sollen, noch nicht so zweifellos erwiesen ist, um überhaupt auf das Fallenlassen des letzteren zu Gunsten der ersteren einrathen zu können, so mögen nachstehend doch noch bestimmte Angaben für die Höhe, beziehungsweise für den mit ziemlicher Sicherheit anzunehmenden Schutzraum einer Auffangstange angegeben werden. Wir glauben diesbezüglich als verläßlichste und praktisch entsprechendste Regeln jene anführen und bei Anlage von Blitzableitern empfehlen zu sollen, welche L. Weber in der im Auftrage des Berliner elektrotechnischen Vereines herausgegebenen Broschüre: »Die Blitzgefahr« aufgestellt hat.

Obwohl sich hiernach keine strengen Gesetze aufstellen lassen, wie weit eine Auffangstange den umgebenden Raum beherrscht, so soll doch zur leichteren Formulirung des Folgenden unter Bezeichnung des Schutzraumes einer Auffangstange ein kegelförmiger Raum verstanden sein, dessen Spitze mit der Blitzableiterspitze zusammenfällt. Je nachdem sich der Radius der kreisförmigen Basisfläche des Kegels zur Höhe des Kegel verhält, wie 1 : 1; $1^1/_2$: 1; 2 : 1; 3 : 1; 4 : 1, soll der Schutzraum als der einfache, eineinhalb-, zwei-, drei- und vierfache bezeichnet werden.

Die Auffangstangen sollen so aufgestellt sein, daß alle Punkte des Gebäudes in ihren Schutzraum fallen, und zwar in einen um so kleineren Schutzraum, je höher und je hervorragender die Punkte am Gebäude liegen. Als ein ungefährer Maßstab für eine hierauf bezügliche Anordnung dienen die folgenden Regeln, welche als Durchschnittsmaße dem bisherigen Gebrauch, sowie den in verschiedenen Gegenden bestehenden Vorschriften entnommen sind.

Die Höhe einer Auffangstange ist auf 2 bis 4 Meter zu bemessen. Die höheren Auffangstangen sind überall vorzuziehen, wo nicht durch Schwierigkeiten der Befestigung oder durch architektonische Rücksichten ein Hinderniß erwächst.

Alle höchstgelegenen Ecken eines Gebäudes sollen noch im einfachen oder doch mindestens im eineinhalbfachen Schutzraume einer Spitze liegen. Bei merklich tiefer gelegenen Ecken genügt der zweieinhalbfache Schutzraum.

Alle höchstgelegenen Kanten sollen noch im zweifachen Schutzraume einer Spitze liegen; bei merklich tiefer gelegenen Kanten genügt der dreifache Schutzraum.

Alle Punkte der höchstgelegenen (Dach-) Flächen sollen noch im dreifachen Schutzraume einer Spitze liegen oder wenigstens in dem vierfachen, wenn sie gleichzeitig durch eine Luftleitung gedeckt sind.

Ist für einzelne Punkte eines Gebäudes die Deckung durch Auffangstangen mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, so können dieselben (in der Regel) auch durch eine über sie hinweggeführte Leitung als gesichert betrachtet werden.

Alle in der Höhe befindlichen kleineren, für sich vorspringenden Theile eines Gebäudes, wie Schornsteine, Thürme u. s. w., sollen in den einfachen Schutzraum einer Spitze fallen oder durch eine Luftleitung gedeckt sein; bestehen sie selbst aus Metall, so sind sie mit der Blitzableitung zu verbinden, bedürfen aber keiner weiteren Auffangstange.

2. Die Luftleitung.

Die Aufgabe der oberirdischen oder Luftleitungen besteht darin, die Auffangstangen mit der Erdleitung derart zu verbinden, daß die elektrischen Entladungen sicher und ohne das zu schützende Object zu gefährden, über dieses zur Erdleitung geführt werden. Es ist hierbei nicht nur auf die elektrische Leitungsfähigkeit des Materials, sondern auch auf dessen Widerstandsfähigkeit gegen elektrische Einwirkungen und gegen die Einwirkungen der Atmosphärilien Rücksicht zu nehmen; ferner kommen noch der Schmelzpunkt des Materials, seine Festigkeit, sein Gewicht, seine Geschmeidigkeit bei der Herstellung der Leitung, die Kosten und auch die äußere Form in Betracht. Vom Standpunkte des Preises sind sonach zunächst die edlen Metalle, Gold, Silber und Platin und wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen elektrische Einwirkungen das Messing auszuschließen. Blei eignet sich nicht zur Herstellung von Leitungen, weil es mit einer geringen elektrischen Leitungsfähigkeit ein hohes specifisches Gewicht vereint und überdies einen verhältnißmäßig niedrigen Schmelzpunkt besitzt. Zink und Zinn sind schon ihrer niedrigen Schmelzpunkte wegen von der Anwendung als Leitungsmaterial ausgeschlossen; ersteres schmilzt bei 412 Grad und geht bei 1040 Grad in Dampfform über, letzteres schmilzt sogar schon bei 228 Grad. Beide besitzen überdies noch ein geringes elektrisches Leitungsvermögen, und außerdem ist das Zinn, seiner Sprödigkeit wegen, auch noch schwierig zu verarbeiten. Somit ist also die Wahl des Leitungsmaterials auf Eisen und Kupfer beschränkt.

Für die Anwendung des Kupfers sprechen außer seiner besseren Leitungsfähigkeit für elektrische Entladungen auch noch folgende Umstände: Das Kupfer widersteht sehr gut den Einwirkungen der Luft, belastet bei hinreichender Festigkeit und Leitungsfähigkeit die zu schützenden Objecte am wenigsten, läßt sich leicht biegen und strecken und erleichtert dadurch wesentlich die Herstellung,

sowie auch eine etwa nothwendig gewordene Reparatur der Anlage. Hingegen besitzt das Eisen eine größere Festigkeit und Dauerhaftigkeit in Bezug auf mechanische Einwirkungen, erhält durch elektrische Ströme ein festeres Gefüge, während das Kupfer durch diese nach und nach spröde wird, schmilzt bei höherer Temperatur als das Kupfer und ist billiger als dieses. Das Eisen rostet aber leicht und erleidet dadurch eine successive Verminderung seiner Leitungsfähigkeit; überdies kann das Rosten an Verbindungsstellen die metallische Continuität der Leitung zerstören, falls hierauf nicht besondere Aufmerksamkeit bei Herstellung der Leitung verwendet wurde. Dem Rosten kann übrigens durch Anwendung von verzinktem Eisen begegnet werden und die Schwierigkeiten bei der Montage einer Eisenleitung werden geringer, wenn Eisendrahtseile an Stelle der Stangen zur Anwendung gelangen.

Nach F. Neesen kommt bei der Wahl des Leitungsmaterials das bessere Leitungsvermögen des Kupfers direct überhaupt nicht in Betracht, weil ja doch ein unvermeidlicher, weitaus größerer Uebergangswiderstand bei der Erdleitung in jeder Blitzableitung vorhanden ist. Im Vergleiche zu diesem sehr bedeutenden Widerstande verschwindet der Unterschied im Leitungsvermögen zwischen Eisen und Kupfer. Derselbe macht sich aber indirect geltend.

»Nehmen wir z. B. eine Stange von einem halben Quadratcentimeter Querschnitt, so haben 1000 Meter Eisen einen Widerstand von etwa 5 S. E., 1000 Meter Kupfer von nicht ganz 1 S. E. etwa 0·8 S. E. Dieser Unterschied fällt aber nicht ins Gewicht, wenn man bedenkt, daß der Widerstand der Erdleitung nothwendig größer ist. Der Leitungswiderstand kommt aber indirect in Betracht. Denn eine andere Frage — und das ist die bestimmende — ist die nach der Erwärmung durch den Blitz und die dadurch hervorgerufene Gefahr der Schmelzung. Nehmen wir Eisen, so wird die entwickelte Wärme, da dieselbe proportional dem Widerstande ist, ungefähr sechsmal größer sein, wie beim Kupfer. Die Temperaturerhöhung ist nun proportional der entwickelten Wärme und umgekehrt proportional der zu erwärmenden Masse und der specifischen Wärme, daher wird dieselbe beim Eisen bei gleichem Querschnitte fünfmal größer wie beim Kupfer ausfallen.«

»Der Schmelzpunkt des Eisens liegt nun allerdings auch höher wie der des Kupfers, indessen bei weitem nicht fünfmal so hoch. Daher muß bei der Wahl von Eisen ein größerer Querschnitt genommen werden, um der Gefahr der Schmelzung mit derselben Sicherheit wie beim Kupfer vorzubeugen. Nimmt man den Querschnitt so an, daß die Temperaturerhöhung dieselbe beim Eisen und Kupfer ist, also 2·5mal größer beim Eisen, so hat Eisen den Vorzug, daß wegen der höheren Schmelztemperatur desselben die Gefahr des Schmelzens geringer ist.«

Auch von Melsens ausgeführte Versuche sprechen dafür, daß der Unterschied im Leitungsvermögen zwischen Kupfer und Eisen bei der Wahl des Materials direct keinen Einfluß hat. So hat sich auch in der That die Berliner Akademie trotz der vielen guten Eigenschaften des Kupfers für die Anwendung von Eisen entschieden. Die Anwendung desselben dürfte sich namentlich dann empfehlen, wenn die ganze Leitung nur in einfachen langen Linien verläuft, weil dann auch die Verlegungskosten dieses Materials jene einer Kupferleitung nicht gar zu sehr überragen.

Wie groß ist der Querschnitt der Leitung zu wählen? Offenbar so groß, daß auch der stärkste Blitzschlag sicher zur Erde geleitet wird, ohne hierbei die Leitung zu beschädigen oder zu erhitzen. Wäre uns die Maximalstärke, welche eine Entladung atmosphärischer Elektricität erreichen kann, bekannt, so könnte der Querschnitt der Leitung leicht und sicher berechnet werden. Da dies aber nicht der Fall ist, müssen wir die Bestimmung auf empirischem Wege versuchen. Wir wollen uns hierbei an eine Abhandlung Karsten's über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter halten.

Arago hat über eine große Anzahl von Blitzschlägen wohlbeglaubigte Daten gesammelt, aus welchen zu ersehen ist, daß Rundeisenstangen im Durchmesser von 13·54 Millimeter (6 Pariser Linien) auch nach den heftigsten Blitzschlägen keine Spur einer Schmelzung zeigten. Wir können also mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß Eisenstangen von diesem Durchmesser alle Blitzschläge in entsprechender Weise zur Erde ableiten. Ob dieser Zweck auch durch schwächere Leitungen erreicht wird, ist hieraus allerdings nicht zu entnehmen. Die Leitungen, an welchen die erwähnten Blitzschläge beobachtet wurden, hatten Längen von 20 bis 30 Meter. Ist sonach eine Eisenleitung, deren Durchmesser 13·54 Millimeter beträgt, bei einer Länge von 20 bis 30 Meter vollkommen ausreichend, so können auf dieser Grundlage auch die Dimensionen für Blitzableitungen aus anderen Metallen leicht berechnet werden; es ergibt sich dann für eine Kupferleitung von derselben Länge und Leitungsfähigkeit ein Durchmesser von 5·53 Millimeter.

Nehmen wir vorläufig an, daß die Sicherheit einer Leitung bei derselben Länge und aus demselben Metalle nur vom Querschnitte abhängt, so läßt sich die Stärke der Leitung durch das Gewicht der Längeneinheit ausdrücken, was für die Praxis bequemer ist, da die sichere Bestimmung des Querschnittes, z. B. bei Drahtseilen oder Blechen, umständlicher erscheint. In nachstehender Tabelle sind nun die Gewichte in Grammen zusammengestellt, welche ein 1 Meter langes Stück erhalten muß, um ein gleiches Leitungsvermögen zu besitzen wie ein 13·54 Millimeter dicker Rundeisenstab. Zink und Blei wurden hier

aufgenommen, weil diese bei Bauten häufig verwendeten Metalle für Nebenleitungen ab und zu in Betracht kommen könnten.

	Gewicht in Grammen für 1 Meter Länge	Querschnitt in Quadrat-Millimetern	Dicke bei massiven runden Stäben in Millimetern	Specifisches Gewicht des Materials
Eisen	1123	144	13·54	7·8
Kupfer	232	24	5·53	8·9
Zink	506	72	9·59	7·0
Blei	2736	240	17·48	11·4

Ebenso könnte man auch die Breiten, Durchmesser oder Wandstärken für Bleche, Drahtseile oder Röhren berechnen. Wie oben erwähnt wurde, verliert das Eisen, wenn es längere Zeit in Verwendung steht, durch Rosten an seiner Leitungsfähigkeit, und ebenso nimmt auch die Leitungsfähigkeit des Kupfers mit der Zeit ab. Um bei Anlage von Blitzableitern trotzdem sicher zu gehen, wird man daher schon aus diesem Grunde die oben angegebenen Gewichte etwas vergrößern müssen, wie ja ein ähnlicher Vorgang auch bei anderen baulichen Constructionen eingehalten wird. Karsten bestimmt daher das erhöhte Gewicht von einem Meter Eisenleitung zu 1200 Gramm und von einem Meter Kupferleitung zu 250 Gramm. Da nun der Widerstand einer Leitung aber auch mit zunehmender Länge wächst, glaubt Karsten auch die Länge der Leitung berücksichtigen zu müssen, und so schlägt Karsten schließlich vier verschiedene Stärken für Kupferleitungen vor, und zwar: 1. Für Landkirchen oder sehr gefährliche technische Anlagen (z. B. Pulverfabriken) beiläufig 600 Gramm Gewicht per laufendes Meter Kupferleitung, 2. für Mühlen und große Gebäude beiläufig 500 Gramm, 3. für mittlere Gebäude beiläufig 350 Gramm und 4. für kleine Gebäude beiläufig 250 Gramm.

Den vorstehenden Angaben liegt die Annahme zugrunde, daß die Leitungsfähigkeiten des Eisens und Kupfers sich wie 1 : 6 verhalten. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß dieses Verhältniß nur für reines Kupfer giltig ist, während es sich für das gewöhnliche im Handel vorkommende Kupfer nicht unerheblich zu Ungunsten des letzteren ändert. Sowohl mit Rücksicht auf diesen Umstand, als auch auf den niedrigeren Schmelzpunkt und die geringere Wärmecapacität des Kupfers (Umstände, die bisher nicht in Betracht gezogen wurden) hat man jedoch für dieses Metall stärkere Querschnitte zu wählen, als die vorhin angegebenen. Wir können hierfür abermals die von L. Weber vorgeschlagenen Regeln, die nachstehend folgen, empfehlen.

Verzweigte kupferne Leitungen von kreisförmigem Querschnitte sollen mindestens 0·6 Centimeter Durchmesser, unverzweigte mindestens 0·8 Centi-

meter Durchmesser haben, was einem Querschnitte von 0·283, beziehungsweise 0·503 Quadratcentimeter entspricht.

Bei Anwendung von Kupferdrahtseilen soll die Summe der Querschnitte der einzelnen Drähte, beziehungsweise 0·3 und 0·6 Quadratcentimeter sein, so daß ein aus Drähten von 2 Millimeter Durchmesser bestehendes Seil, beziehungsweise 10 und 19 Einzeldrähte enthalten soll.

Bei Anwendung von Kupferblech, dessen Dicke nicht unter 1 Millimeter genommen werde, sollen die Breiten mindestens, beziehungsweise 3·0 und 5·0 Centimeter sein.

Verzweigte eiserne Leitungen sollen mindestens 0·8 Centimeter Durchmesser, unverzweigte mindestens 1 Centimeter Durchmesser haben, was einem Querschnitte von 0·503 und 0·95 Quadratcentimeter entspricht.

Bei Anwendung von Eisendrahtseilen soll die Summe der Querschnitte der Einzeldrähte, beziehungsweise 0·8 und 1·2 Quadratcentimeter sein.

Bei der am wenigsten vortheilhaften Anwendung von Bandeisen, dessen Dicke nicht unter 4 Millimeter sein soll, ist eine Breite von nicht unter 1·3, beziehungsweise 2·5 Centimeter erforderlich.

In Fällen, wo ein Gebäude infolge seiner Lage oder seiner Höhendimensionen besonders gefährdet erscheint, sind die angegebenen Dimensionen der Querschnitte eventuell bis zum eineinhalbfachen Betrage zu vergrößern, sofern nicht durch weitere Vervielfältigung der Luft- und Erdableitungen für die Verzweigung des Blitzstrahles gesorgt wird.

Werden Constructionstheile eines Gebäudes aus Zink oder Blei als Theile einer Blitzableitung gebraucht, so sollen für Zink mindestens die achtfachen, für Blei mindestens die zwanzigfachen Querschnittsdimensionen der für Eisen geltenden Minimalmasse vorhanden sein.

Gleichzeitige Verwendung von Kupfer und Eisen bei derselben Leitung ist möglichst zu vermeiden; wo dies nicht angeht, müssen die Berührungsstellen der beiden Metalle gegen die Einflüsse der Atmosphäre sorgfältig geschützt werden, da eben diese Stellen erfahrungsgemäß am raschesten zerstört werden.

Was endlich die Form der Leitungen anbelangt, so kommen bis jetzt runde und viereckige Stangen, Drahtseile, Röhren und Bleche zur Verwendung. Sehr zweckmäßig sind runde Kupferstäbe, und zwar nicht nur deshalb, weil sie ihres kreisförmigen Querschnittes wegen eine gleichmäßige Dichte der Elektricität ermöglichen und dadurch Seitenentladungen erschweren, sondern auch deshalb, weil sie eine bequeme und sichere Verbindung der einzelnen Theile unter einander ermöglichen. Diese Vortheile besitzen allerdings auch runde Eisenstäbe; letztere bieten aber bei der Verlegung der

Leitung größere Schwierigkeiten dar als Kupferstäbe, da sie ihrer geringeren Leitungsfähigkeit wegen stärker genommen werden müssen, und sich dann weniger leicht den Formen der Gebäude anschmiegen lassen. Eckige Stangen sind ihrer scharfen Kanten wegen auch mehr dem Rosten ausgesetzt als runde Stangen. Eisendrahtseile leiden an diesem Uebelstande im erhöhten Maße, erleichtern aber wegen ihrer größeren Geschmeidigkeit die Verlegung der Leitung. Dem Rosten des Eisens kann man durch Verzinken der Stäbe oder Drähte am besten entgegenwirken. Lackanstriche sind zu wenig haltbar und müßten daher, falls sie ihren Zweck erfüllen sollen, häufig erneuert werden.

Die Drahtseile im allgemeinen zeichnen sich den massiven Stäben gegenüber nicht nur dadurch aus, daß sie, wie bereits erwähnt, die Verlegung der Leitung erleichtern, sondern auch dadurch, daß bei ihnen die durch Temperaturschwankungen bewirkten Aenderungen der Länge sich innerhalb der Windungen gewissermaßen ausgleichen und daher keinerlei Spannungen in der Leitung aufkommen lassen. Solche können hingegen bei nicht ganz sachgemäßer Verlegung von Kupfer- oder Eisenstäben eintreten und werden dann durch häufige Wiederholung den Zusammenhang und die Befestigung der Leitung verschlechtern. Ein Nachtheil der Drahtseile besteht außer in der leichteren Oxydirung noch darin, daß Risse und Sprünge schwerer zu entdecken sind als bei Stableitungen.

Die Bandform erhöht allerdings nicht die gefällige Form der Anlage, erschwert auch im Vergleiche zu der Stabform die Verbindung der einzelnen Theile unter einander und kann ihrer Kanten wegen auch leichter zu Seitenentladungen Veranlassung geben. Hingegen erleichtert sie die Verlegung und bietet bei demselben Materialaufwande eine größere Oberfläche dar, auf welchen Umstand z. B. Karsten einen Wert legt. Eine Röhrenleitung würde zwar denselben Vortheil gewähren, und sogar ohne die Nachtheile der Bandform zu besitzen, sie kann aber zur praktischen Anwendung der bedeutend größeren Kosten wegen nicht empfohlen werden.

3. Die Erdleitung.

Gleichwie die Blitzableiterspitze das Endglied des Blitzableiters gegen die Gewitterwolke zu bildet, stellt die Erdleitung das Endglied gegen die Erde oder in letzter Instanz gegen das Grundwasser dar. Zweck der Erdleitung ist, dem Entladungsschlage einen möglichst leichten Uebergang von der metallischen Leitung des Blitzableiters in das, im Verhältnisse zu den Metallen schlecht leitende, Grundwasser zu vermitteln. Erfüllt die Erdleitung diese Auf-

gabe nicht, so hört der Blitzableiter nicht nur auf, eine Blitzschutzvorrichtung zu sein, sondern erhöht sogar wesentlich die Blitzgefahr. Da das Grundwasser ein relativ schlechter Elektricitätsleiter ist, so muß der Uebergangswiderstand von der metallischen Leitung in das Grundwasser dadurch möglichst herabgemindert werden, daß man für den Uebergang der Entladung eine möglichst große Berührungsfläche schafft.

Eine sorgfältige Ausführung der Erdleitung wurde schon von Franklin als Haupterforderniß jeder Blitzableiteranlage bezeichnet. Auch Hemmer betont die Wichtigkeit einer guten Erdleitung; seine diesbezüglichen Vorschriften können auch heute noch als zweckentsprechend bezeichnet werden, wenn man von dem Umstande absieht, daß er als Material Blei empfohlen hat. Dieses Metall soll aus oben angegebenen Gründen für keinen Theil des Blitzableiters Verwendung finden. Zur Herstellung der Erdleitung soll vielmehr ausschließlich Kupfer oder Eisen verwendet werden; sehr zweckmäßig erscheint es, diese Metalle zu verzinken; einen anderen Schutz gegen Zerstörung, z. B. irgend einen Anstrich, dürfen die Erdleitungen unter keiner Bedingung erhalten, sie müssen vielmehr stets mit ihrer blanken Metallfläche in möglichst innige Berührung mit dem Grundwasser gebracht werden.

Strenge, aber sachgemäße Forderungen wurden von der französischen Commission von 1855 aufgestellt. Hiernach wird ein Brunnen von solcher Tiefe verlangt, daß das Grundwasser in demselben nie unter 1 Meter Höhe sinkt. In diesen ist ein mehrfach durchbohrtes Rohr von 12 bis 15 Centimeter Durchmesser einzusenken, welches bis an die Erdoberfläche reicht; die Leitung wird an das Rohr durch ein eisernes Querstück angeschlossen und geht bis auf den Grund des Brunnens, den man oben durch eine Steinplatte abschließt. Diese Erdleitung soll späteren Untersuchungen leicht zugänglich sein. Mehrere Leitungen führt man derart in den Brunnen, daß man dieselben mit einer 10 bis 12 Centimeter starken Eisenstange verlöthet und diese in das Wasser einsenkt.

Schon vorhandene Brunnen können Verwendung finden, wenn sie nicht innerhalb des zu schützenden Gebäudes liegen. Auch glaubte die Commission auf folgendes Verhalten aufmerksam machen zu sollen: Ist das Grundwasser tief unterhalb des Erdbodens erst anzutreffen, so wird sich bei trockener Witterung der influenzirende Einfluß der Gewitterwolken allerdings auf die unterirdischen Wassermassen concentriren; tritt nun aber Regen ein, so entsteht an der Erdoberfläche, bis zu geringer Tiefe, eine leitende Schicht und diese wird nun, weil näher, offenbar eine stärkere Influenzwirkung als die Grundwassermasse erfahren. Ist Grundwasser erst in bedeutender Tiefe anzutreffen, so kann es leicht geschehen, daß zwischen der an der Erdoberfläche entstehenden leitenden

Schicht und jener, in welcher das Grundwasser auftritt, eine zeitlang keine leitende Verbindung besteht.

Ist nun die Erdleitung eines Blitzableiters zwar sorgfältig ausgeführt, aber hierbei nur auf die Verbindung mit dem Grundwasser Rücksicht genommen, so kann es leicht geschehen, daß der durch den Blitzableiter aufgefangene Blitzstrahl die stark influenzirte, also entgegengesetzt elektrische nasse Erdoberfläche, der nur schwach elektrischen Grundwasserschichte vorzieht, d. h. daß er vom Blitzableiter auf die Erdoberfläche abspringt. Um dieser Gefahr vorzubeugen, empfiehlt die Commission, die Erdleitung in zwei Zweigen auszuführen, von welchen einer in der früher angegebenen Weise bis zum Grundwasser geführt wird, der andere aber unter der Oberfläche des Bodens verläuft und nur mit dieser in Verbindung gesetzt wird.

Hierauf legt man, und wie wir glauben, mit Recht in neuerer Zeit kein Gewicht, da einerseits solche Verhältnisse doch nur ausnahmsweise vielleicht eintreten und andererseits bei gut angelegten Blitzableitern eine gute Verbindung der oberflächlichen leitenden Fläche mit dem Grundwasser ja ohnehin durch die metallische Erdleitung hergestellt ist.

Kuhn will zu Erdleitungen nur eiserne, an verschiedenen Stellen ihrer Seitenfläche mit Oeffnungen versehene Röhren, die von innen und von außen gut verzinkt worden sind, verwendet wissen. Die Wandstärke dieser Röhren soll mindestens der halben Dicke der oberirdischen Leitung gleichkommen. Die Röhren sollen mit möglichst wenig Biegungen verlegt und in ihrer ganzen Länge mit Verzweigungen versehen werden.

Besondere Sorgfalt erfordert die Einrichtung der Erdleitung auf Felsengrund, wenngleich durch derartige Verhältnisse das Eintreten von Blitzschlägen nicht begünstigt wird. Nach Kuhn hat man in diesem Falle an den niedersten Stellen der Umgebung einige Punkte auszuwählen, die in möglichst großer Entfernung von dem Gebäude sich befinden und geeignet sind, die Ausbohrung einiger Brunnenschachte, wenn auch von geringer Weite, zu ermöglichen. Die Leitung soll dann, mehrfach sich an verschiedenen Stellen verzweigend, unter der Erdoberfläche, wenn dies angeht, bis zu den Brunnen geführt werden. Jedenfalls erscheint es als nothwendig, wenn das Gebäude dauernd gegen Blitzwirkung geschützt werden soll, daß man in einer größeren Ausdehnung auf der ganzen Strecke, welche die Leitung im Boden einnimmt, die Oberfläche mit einer dicken Schicht von Erdmassen bedeckt, die bei eintretenden Regengüssen die leitende Verbindung mit dem natürlichen Erdreich der näheren Umgebung u. s. w. herzustellen vermag.

W. Holtz verlangt, daß die Erdleitung aus demselben Materiale hergestellt werde, wie die oberirdische Leitung, nach seinem Vorschlage also aus

Kupfer. Das Ende der Erdleitung bildet eine Kupferplatte von 2 Millimeter Dicke. Obwohl letztere auf die Wirksamkeit kaum einen Einfluß nimmt, darf sie doch nicht zu schwach gewählt werden, weil die Platte sonst zu rasch zerstört würde. Als geeignetste Form wird die gerade für alle jene Fälle empfohlen, in welchen man das Grundwasser mit dem Spaten erreichen kann. Gelangt man zu jenem nur noch durch Bohrung, so tritt an Stelle der geraden Platte eine cylindrische Fläche. Die Platte ist ihrer ganzen Breite nach, und zwar nicht an der Kante, sondern in der Mitte mit dem Leitungsende zu vernieten und überdies noch an einigen Stellen zu verlöthen. Die

Fig. 240.

Fig. 241.

Erdleitung nach Callaud.

Löthstellen, aber nur diese, können einen schützenden Ueberzug erhalten, während die Platte selbst ihre metallische Oberfläche behalten muß.

Bezüglich der Größe der Platten werden folgende Dimensionen vorgeschlagen: Die Platte einer jeden Leitung, welche mit keiner anderen Leitung communicirt, sei $^1/_2$ Quadratmeter groß, wenn sie in Grundwasser gegraben ist, $^1/_4$ Quadratmeter in einem Brunnen oder anderen Gewässer. Eine Platte, welche mit einer anderen Leitung in Verbindung steht, sei $^1/_4$ Quadratmeter groß, wenn sie in Grundwasser gegraben ist, $^1/_8$ Quadratmeter in sonstigen Gewässern. Für Platten, die mit mehreren Leitungen in Verbindung stehen, findet man die erforderliche Größe, wenn man $^1/_2$ Quadratmeter durch die Zahl jener Leitungen dividirt; dies gibt die Plattengröße bei Einsenkung der Platte in Grundwasser, während bei anderen Gewässern hiervon die Hälfte zu nehmen ist. An Orten, wo das Grundwasser nicht mehr zu erreichen ist, sei jede

Platte doppelt so groß, als sie im Grundwasser sein müßte, also 1 Quadratmeter, getheilt durch die Zahl der mit einander verbundenen Leitungen. Gar keiner Platte bedarf es, wenn man die Leitung mit einer Gas- oder Wasserleitungsröhre verbinden kann (vergleiche Schluß dieses Abschnittes) oder mit einer metallischen Pumpe, deren im Wasser befindliche Oberfläche gleich der sonst nöthigen Größe der Platte ist.

Auch G. Karsten schlägt als Endigung der Erdleitungen Platten vor und empfiehlt verzinnte Kupfer- oder Eisenplatten. Wo dauernde Wassermassen in der Erde nicht zu erreichen sind, muß die Endigung der Bodenleitung auf einer künstlichen großen leitenden Fläche, am besten Coaksbettung, ausgebreitet werden; in diesem Falle empfiehlt es sich, mehrere Endplatten und von etwa dreimal größerer Gesammtfläche anzuwenden. Bei sehr ausgedehnten Gebäuden mit vielen Auffangstangen und vielleicht auch erheblichen Nebenleitungen kann die Anlage mehrerer Bodenleitungen und die Verbindung derselben unter einander zweckmäßig sein. So richtig es ist, Gas- und Wasserleitungen in die Ableitung einzuschalten, um die Elektricität nicht zum Ueberspringen aus der Blitzableitung in jene Leitung zu veranlassen, so wenig kann die Benützung derselben an Stelle der Bodenleitung empfohlen werden.

Callaud benützt an Stelle der Erdplatten eine Vorrichtung, die er für den Abschluß der Erdleitung für besonders geeignet hält. An das Ende der Leitung wird eine Art Anker aus galvanisirtem Eisen, etwa in der Form, wie ihn Figur 240 darstellt, verfertigt. Derselbe besitzt vier verticale, nach aufwärts gerichtete Arme und vier nach abwärts gehende Spitzen. Die ganze gut galvanisirte Vorrichtung wird in einen Korb aus grobem Flechtwerk eingesetzt (Fig. 241). Noch besser ist es, das Flechtwerk durch Eisendrahtnetze zu ersetzen. Den zwischen dem Anker und dem Korbe bleibenden Raum füllt man mit Coaksstücken aus, die, um größere Zwischenräume zu vermeiden, fest hineingedrückt werden. Der Korb wird sodann durch einen auf den Rändern gut aufsitzenden Deckel verschlossen und in feuchte Erde oder Wasser versenkt. Der Zweck dieser Anordnung ist, durch Anwendung des porösen und gut leitenden Materials (Coaks) eine möglichst große Berührungsfläche zwischen Wasser und dem Ende der Leitung herzustellen.

Auch die Gutachten, welche von der preußischen Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1876 bis 1880 abgegeben wurden, beschäftigen sich mit der Frage der Erdleitungen. Es wird hierin namentlich darauf aufmerksam gemacht, daß die Wirkungsfähigkeit einer Erdleitung durch Theilung der Platte und speciell durch Anwendung von Metallnetzwerk ohne Erhöhung des Materialaufwandes wesentlich erhöht werden könne. Dies veranlaßte Ulbricht zu einer mathematischen Untersuchung der Frage, wodurch er die

Auffindung einer praktisch verwertbaren Form der Erdleitung erreichte. Als Material für die Endigung der Erdleitung empfiehlt Ulbricht das Kupfer, weil bei den verhältnißmäßig leichten Constructionen das Eisen zu rasch zerstört wird, mäßigere Constructionen hingegen die Formgebung und Bearbeitung erschweren würden.

Ulbricht gelangte auf Grund seiner mathematischen Untersuchungen zu folgenden Resultaten: Die Wirkung der Erdleitung läßt sich bei geringem Materialaufwande steigern: 1. Durch stab- oder drahtförmige Ausdehnung der

Fig. 242.

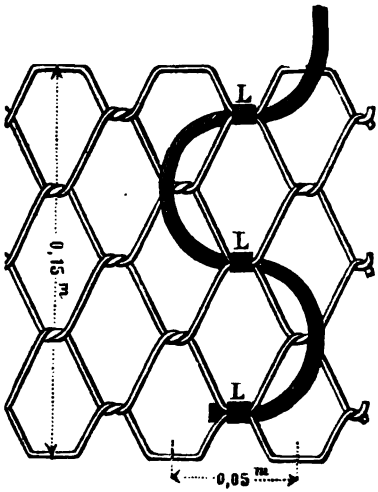
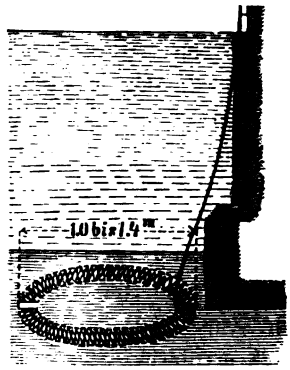


Fig. 243.



Ulbricht's Erdleituug.

cylinderförmigen Elektrode (der Endigung der Erdleitung); 2. durch schmale bandförmige Ausbildung der Platte; 3. durch Ausdehnung und gleichzeitige Verschmälerung einer ringförmigen Platte, und endlich 4. durch fortgesetzte Theilung der Platte unter gleichzeitiger Verbindung der einzelnen Theile unter einander, d. h. durch Anwendung der Netzform.

Zur Herstellung des Netzes dient ein Kupferdraht von 2·5 Millimeter Durchmesser, von welchem dieselbe Dauerhaftigkeit zu erwarten ist, wie von einer 2 Millimeter dicken Kupferplatte. Eine Maschenweite von 40 Millimeter bei einer Breite des Netzbandes von 160 Millimeter erwies sich mit Hinblick auf die Steifigkeit der Construction und überhaupt der praktischen Verwendung als zweckmäßigste Dimension. Dieses Netzband wird mit dem Leitungsende an mehreren Stellen L (Fig. 242) durch Drahtbund und Löthung verbunden.

In welcher Art ein derartiges Netzband zu versenken ist, hängt natürlich von localen Verhältnissen ab. Wo keine oder nur unbedeutende Erdarbeiten erforderlich sind, bedient man sich ausgedehnter großflächiger Formen, also z. B. der Platten- oder Bandform. Zeigt der Boden eine derartige Beschaffenheit, daß für die Versenkung der Erdleitung nur durch Bohrung gesorgt werden kann, so muß man zur Verwendung eines langen schmalen Cylinders seine Zuflucht nehmen, dabei aber Sorge tragen, daß dieser vollständig von Grundwasser umspült wird, da bei Nichtbeachtung dieser Forderung eine sichere und ausreichende leitende Verbindung mit der feuchten Erde nicht zu erreichen ist.

Fordern die Bodenverhältnisse ein Eindringen in nur mäßige Tiefen, in durchfeuchteten Boden, so gibt man einem flachliegenden Körper den Vorzug. An Stelle der massiven oder ringförmigen Platte tritt hier vortheilhaft ein aus Netzwerk gebildeter Ring — der Netzring, wie einen solchen Figur 243 veranschaulicht. Ein aus Kupferdraht geflochtenes Netzband läßt sich in beliebigen Längen vorräthig herstellen und nach den localen Verhältnissen leicht in die Form eines weiteren oder engeren Flachringes bringen. Auch ein für einen bestimmten Ringdurchmesser bereits zugeschnittenes Band kann noch durch Strecken oder Offenlassen eines Ringstückes in erweiterter Form verlegt werden, wodurch eine derselben entsprechende Widerstandsverminderung zu erreichen ist. Dies ist als ein Vortheil des Netzringes zu betrachten, da es leicht vorkommen kann, daß der Boden eine geringere Leitungsfähigkeit zeigt als erwartet wurde, daß daher die Vergrößerung der Elektrodenfläche nothwendig erscheint.

Ulbricht ließ sich einen Netzring von 1·42 Meter äußerem und 1·10 Meter innerem Durchmesser anfertigen und führte mit diesem und einer vollen Quadratplatte von 1 Meter Seitenlänge vergleichende Versuche durch; hierbei ergab sich bei einer Eintauchung beider Elektroden in die Elbe für die Quadratplatte ein Uebergangswiderstand von 35·5 S. E. und für den Netzring ein solcher 32·5 S. E. Auch spätere Versuche mit in die Erde verlegten Platten und Netzbändern ergaben günstige Resultate. Den ökonomischen Vortheil, der durch die Anwendung von Drahtnetz erzielt wird, ersieht man aus der Vergleichung einer Quadratplatte mit einem ihr äquivalenten Netzringe der vorbeschriebenen Construction; letzterer muß bei Vergleichung mit einer Quadratplatte von 1 Meter Seitenlänge einen äußeren Durchmesser von 1·26 Meter und eine Netzbandlänge von 3·45 Meter haben. Es ergibt sich dann folgendes Gewichtsverhältniß:

Die Quadratplatte	1	Millimeter	stark, wiegt	8·9 Kgr.
» »	2	»	» »	17·8 »
der Netzring			»	1·64 »

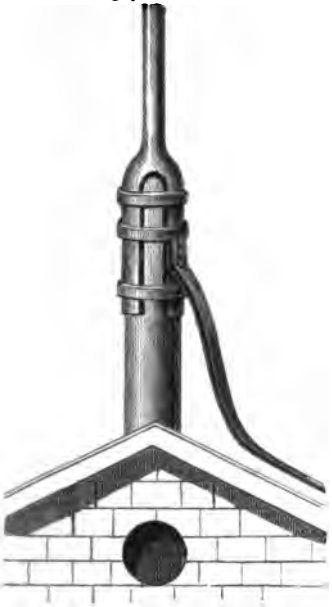
Fassen wir sämmtliche Arbeiten, Vorschläge u. dergl., welche in Bezug auf Erdleitungen gemacht wurden, zusammen, so ergibt sich, daß allgemein giltige, erschöpfende Vorschriften zur Herstellung derselben nicht gegeben werden können. Es hat vielmehr jeder Anlage einer Erdleitung eine sorgfältige und fachmännische Prüfung nicht nur des durch einen Blitzableiter zu schützenden Objectes, sondern auch dessen Umgebung vorherzugehen. Erst die genaue Kenntniß der Bodenverhältnisse ermöglicht eine zweckmäßige Construction der Erdleitung. Eine solche setzen auch die meisten Vorschläge voraus, wie z. B. aus jenen von Holtz (S. 714), Karsten (S. 715) u. A. zu ersehen ist. Bezüglich des Materials ist man allerdings insoweit einig, daß ausschließlich galvanisirtes Eisen oder Kupfer zur Anwendung empfohlen wird. Die Größe der Erdplatten wird aber sehr verschieden bemessen. Uns erscheint hingegen, natürlich innerhalb gewisser Grenzen, die Lage derselben wichtiger. Eine große Platte in trockener Erde leistet nichts, während eine nicht zu kleine Platte, welche mit Wasser, das mit den unbegrenzten Wassermassen der Erde in ausreichender Verbindung steht, ihren Zweck erfüllen wird. Wenn sich aber der Erreichung solcher Wassermassen unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg stellen, gewinnt die Größe der Uebergangsfläche an der Erdleitung, die Ausbreitung und Verzweigung derselben allerdings erhöhte Bedeutung. Die ausschließliche Verwendung ausgedehnter Gas- und Wasserleitungsröhren als Erdleitung kann nicht empfohlen werden, da Fälle vorgekommen sind, in welchen solche Leitungen auf große Strecken hin durch einen Blitzschlag beschädigt wurden. (Vergl. S. 635.) Um jedoch Mißverständisse zu vermeiden, mag schon an dieser Stelle betont werden, daß andererseits ein Anschluß der Blitzableitungen an benachbarte metallische Gas- oder Wasserleitungsröhren in keinem Falle unterlassen werden darf. Schließlich ist es noch als sehr wünschenswert zu bezeichnen, daß bei Anlage jeder Erdleitung eine genaue Skizze derselben angefertigt wird, welche gestattet, die Erdleitung jederzeit ohne Schwierigkeit auffinden und prüfen zu können; es ist dies um so nothwendiger, als dieser Theil des Blitzableiters der Zerstörung besonders ausgesetzt ist.

4. Die Verbindung der Blitzableiterbestandtheile unter einander und mit dem zu schützenden Objecte.

Soll eine Blitzableiteranlage ihrem Zwecke vollständig entsprechen, so genügt es nicht, bloß dafür Sorge zu tragen, daß die einzelnen Theile sachgemäß angefertigt werden, sondern man muß auch der Verbindung dieser Theile unter einander und mit dem zu schützenden Objecte die größte Sorgfalt zuwenden. Es ist daher nothwendig, auch hierüber Näheres anzugeben.

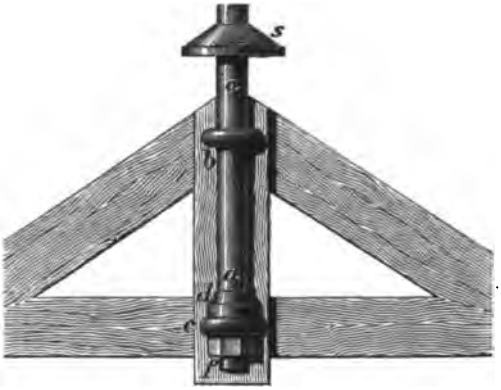
Beginnen wir mit der Befestigung der Auffangstange. Der geeignetste Platz für die Aufstellung der Auffangstange (wenn wir vorläufig nur von

Fig. 244.



Aufstellung der Fangstange.

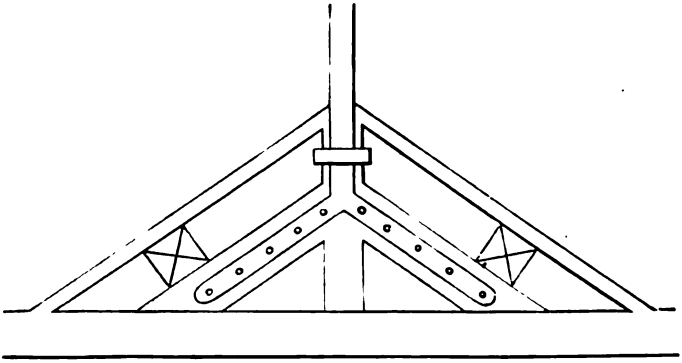
Fig. 246.



Befestigung der Auffangstange.

einer sprechen) ist natürlich der höchste Punkt des zu schützenden Objectes, weil dieser von der Gewitterwolke am meisten gefährdet erscheint. Die Befesti-

Fig. 245.



Befestigung der Auffangstange.

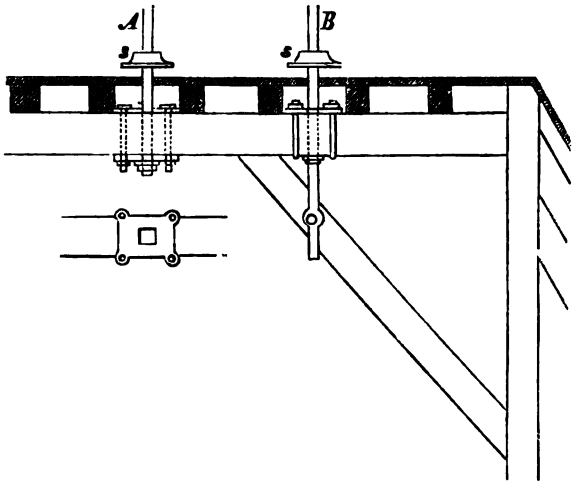
gungsart der Fangstange wird in erster Linie durch die Größe derselben bedingt. Da die Befestigung eine sehr solide sein muß, so wird man namentlich

bei sehr hohen Stangen ein tiefes Eindringen derselben unter das Dach kaum vermeiden können. Dies bringt aber den Nachtheil mit sich, daß hierdurch ein Abspringen des Blitzes von dem unteren Ende der Stange umsomehr erleichtert wird, als bei der gegenwärtig üblichen Bauart eiserne Constructionstheile mehr und mehr Verwendung finden. W. Holtz hat daher zur Vermeidung dieses Uebelstandes vorgeschlagen, die eigentliche Fangstange nur kurz zu machen und nicht direct, sondern unter Vermittelung einer mehr oder minder hohen Holzsäule aufzustellen; eine solche Aufstellung, und zugleich eine zweckmäßige Befestigung der eigentlichen Fangstange auf der Holzsäule, zeigt Figur 244. Holtz empfiehlt diese Aufstellung namentlich dann, wenn Metallmassen (z. B. Gas- und Wasserleitungsröhren) hoch in das betreffende Gebäude hinaufreichen, ferner bei niedrigen Gebäuden, weil bei diesen das untere Ende der Stange der Erde verhältnißmäßig ziemlich nahe liegt, und bei solchen Bauten, bei welchen man die Bedachung von allen Metalltheilen frei halten will (z. B. Pulvermagazinen). Die in Figur 244 dargestellte Befestigungsweise der Fangstange kann auch für Masten, Flaggenstangen u. dergl. zweckmäßig verwendet werden.

Directe Befestigungen von Auffangstangen auf hölzernen Dachstühlen stellen die Figuren 245, 246 und 247 dar. Die in Figur 245 dargestellte Befestigungsart durch zwei am unteren Ende der Stange angeschweißte Eisenschienen, welche mit dem entsprechenden Gebinde des Dachstuhles verbunden werden, ist allerdings sehr einfach, aber nur für relativ kurze Stangen verwendbar. Figur 246 zeigt die Fangstange a durch die beiden Eisenringe b und c gehalten, unter Vermittelung des Wulstes d auf dem unteren Bundringe auffitzend und durch die Schraubenmutter f festgehalten. Das Eindringen des Regenwassers in die Durchbohrung des Daches verhindert das Schutzdach s. Bei A und B, Figur 247, ist die Fangstange durch ein quadratisches Loch des Firstbalkens gesteckt. Mit ebensolchen Oeffnungen versieht man zwei Eisenplatten von je 1 Centimeter Dicke, deren eine oberhalb, deren andere unterhalb des Firstbalkens in folgender Art befestigt wird: Man steckt den Stangenfuß durch die Oeffnungen des Balkens und der Platten und vier Schraubenbolzen durch entsprechende Flanschen der Eisenplatten. Zieht man hierauf die zu den Bolzen gehörigen Muttern fest an, so wird der Balken zusammengepreßt und die Stange in ihrer verticalen Stellung festgehalten. Das Gleiten derselben verhindert ein oberhalb der oberen Eisenplatte angebrachter Wulst und die unterhalb der unteren Eisenplatte auf das Ende der Fangstange aufgeschraubte Schraubenmutter. In Figur 247 B sind je zwei Schraubenbolzen zu einem Bügel vereinigt, der den Holzbalken umfaßt und dadurch die untere Eisenplatte überflüssig macht; die verticale Bewegung der

Stange verhindern zwei an ihrem unteren Ende befindliche Backen, welche einen Balken des Dachstuhles umfassen und mit diesem verschraubt sind. Bei eisernen Dachconstructionen wird die Fangstange einfach durch Verschraubung mit jenen verbunden, wie dies Figur 248 zeigt. Ist man genöthigt, die Fangstange auf

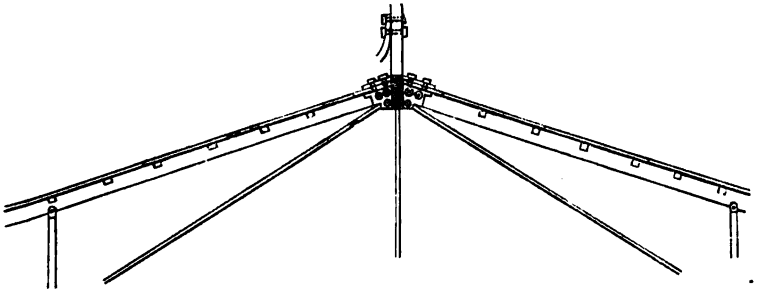
Fig. 247.



Befestigungsarten der Auffangstangen.

Mauerwerk zu befestigen, wie z. B. bei Schornsteinen, so kann dies, wie Figur 249 zeigt, durch eingemauerte Bolzen geschehen.

Fig. 248.



Befestigungsarten der Auffangstangen.

Die Führung und Befestigung der Leitung eines Blitzableiters muß gleichfalls mit Rücksicht auf das zu schützende Object angeordnet werden.

Zur Befestigung auf dem Dache verwendet man gabelförmig gespaltete Träger aus Eisen, wie solche in Figur 250 A und B dargestellt sind. Man

gibt ihnen je nach dem Gewichte der Leitung eine Stärke von $1^1/_2$ bis 2 Centimeter bei einer Länge von 15 bis 20 Centimeter. Zur Befestigung in den Dachsparren dient das zugespitzte oder auch mit einer Holzschraube versehene Ende. Die Leitung wird in die Gabel eingelegt und durch einen quer durchgesteckten Stiften in ihrer Lage erhalten. Man schmiedet wohl auch die beiden Zinken der Gabel bandförmig aus und schlägt dann diese Bänder nach dem Einlegen der Leitung um diese. Die Träger können zum Schutze gegen Oxydation verzinkt sein. Empfehlenswerter als die in Figur 250 B abgebildete Form der Träger ist die durch Figur 250 A dargestellte oder überhaupt eine derartige Form, bei welcher vertical nach abwärts gerichtete größere Metallspitzen vermieden sind.

Fig. 249.

Befestigung der Auffangstange auf einem Schornsteine.

Fig. 250.

Befestigung der Leitung.

Zur Befestigung der Leitung an Mauern werden ebensolche oder ähnliche Träger verwendet. Besteht die Leitung aus einem Drahtseile oder besitzt sie einen cylindrischen Querschnitt, so kann der Kopf der eisernen Träger ringförmig gestaltet sein.

Es ist ebenso unrichtig, die Leitung straff zu spannen und mit ihren Trägern unverrückbar zu verbinden, als sie mit freiem Spielraume durch die gabelförmigen Oeffnungen, Ringe und dergl. zu führen. Im ersteren Falle verhindert man das freie Ausdehnen und Zusammenziehen der Leitung, hervorgerufen durch Temperaturdifferenzen; auch nimmt man ihr die Befähigung, einer etwaigen mechanischen Wirkung eines mächtigen Blitzschlages nachzugeben. Beide Umstände wirken schädigend auf die Dauerhaftigkeit der Leitung. Im letzteren Falle, wenn also die Leitung durch ihre Träger nur lose gehalten wird, bewegt sie jeder Windstoß. Dies wird nicht nur die Lockerung der Verbindungen befördern, sondern kann auch noch ein Abscheuern der Leitung an verschiedenen Stellen zur Folge haben. Bei hohen Gebäuden wird

überdies noch das bedeutende Gewicht der Leitung in Betracht kommen, welches bei loſer Befeſtigung von der Leitung ſelbſt getragen werden müßte. Um dies zu vermeiden, ohne Herſtellung einer ſtarren Verbindung, iſt es zweckmäßig, auf die Leitung in entſprechenden Abſtänden kurze Röhren oder Muffe aufzuſchieben und mit ihr zu verlöthen, ſo daß die unteren Ränder der letzteren auf die ring- oder gabelförmig geſtalteten Köpfe der Träger zu ſtehen kommen und in dieſer Weiſe die Leitung tragen. Das Abſcheuern der Leitung an den Trägern kann durch Auskleidung des Trägerkopfes mit Blei hintangehalten werden, oder auch, aber allerdings auf koſtſpieligere Weiſe, durch Einſetzen abgerundeter Porzellanringe in einzelne Trägeröſen.

Geradezu lächerlich iſt hingegen der wiederholt aufgetauchte und auch ausgeführte Vorſchlag, die Leitung auf *Iſolatoren* aus Glas, Porzellan, Hartgummi u. ſ. w. zu führen, in ähnlicher Weiſe wie Telegraphenleitungen. Es werden zu dieſem Behufe in die Ringe oder Gabeln der Träger dem Querſchnitte der Leitung entſprechend durchbohrte Scheiben aus dem genannten Materiale mit einer Wandſtärke von 1 bis 2 Centimeter eingeſetzt. Man will hierdurch die Leitung für einen, ſagen wir beiſpielsweiſe nur 20 Meter langen Blitzſtrahl mit denſelben Mitteln iſoliren, wie für den Strom einer galvaniſchen Batterie, von welcher wir nicht das kleinſte Fünkchen erhalten können!

Ein ſtraffes Spannen der Leitung iſt aber auch deshalb nicht zuläſſig, weil dies ſcharfe Ecken und Biegungen der Leitung zur Folge haben kann. Solche ſind aber ſtets und unbedingt zu vermeiden, da, wie wir wiſſen, auch an derlei Ecken und Kanten Spitzenwirkungen auftreten, die dann leicht eine Seitenentladung veranlaſſen können. Es iſt daher auch verwerflich, mit der Leitung genau der Profilirung des Gebäudes zu folgen, da in dieſem Falle ſcharfe Biegungen unvermeidlich ſind. Wo man Krümmungen der Leitung nicht umgehen kann, ſollen dieſe ſtets in continuirlichen Curven ausgeführt werden, und zwar derart, daß der Krümmungsradius derſelben nie kleiner wird als 30 bis 40 Centimeter. An Punkten, in welchen zwei oder mehrere Leitungen zuſammenſtoßen, ſind dieſe ſo zu führen, daß ihre Richtungen allmählich in einer ſtetigen Curve in einander übergehen.

Die Leitung ſoll auf möglichſt kurzem Wege die Verbindung der Fangſtange mit der Erde herſtellen und dabei ſo viel als möglich lothrecht verlaufen. Man wird zu ihrer Befeſtigung jene Seite des Gebäudes wählen, auf welcher dem Blitzſtrahle muthmaßlich die ſtärkſten Anziehungspunkte geboten werden. Es iſt dies z. B. jene Seite des Hauſes, gegen welche im gegebenen Falle die meiſten Gewitter anziehen, weil dieſe Seite dem Anprall des Regens am meiſten ausgeſetzt iſt und dadurch eine gewiſſe Leitungsfähigkeit erhält. Ein anderer diesbezüglich zu beachtender Umſtand iſt die Beſchaffenheit des Bodens.

Hiernach würde die Leitung auf jener Seite des Gebäudes herabzuführen sein, welcher ein Brunnen, Teich, See, Fluß oder Sumpf naheliegt.

Die Leitung ist nie innerhalb, sondern stets außerhalb des Gebäudes anzubringen; auch ist es besser, dieselbe offen, als verdeckt zu führen, da etwa eintretende Gebrechen im letzteren Falle leichter zu übersehen sind, überhaupt die Controle der Leitung erschwert wird. Monumentale Bauten, die durch eine offenliegende Leitung verunziert würden, müssen allerdings eine verdeckte Leitung erhalten. In diesem Falle muß aber ihre Stärke reichlich bemessen sein und sind die Verbindungen mit besonderer Sorgfalt auszuführen.

Kuhn, Buchner u. A. schlagen vor, alle oberirdischen Theile des Blitzableiters, natürlich mit Ausnahme der Spitze, mit einem Lacküberzuge zu versehen, um dadurch das Metall gegen die Einwirkung der Atmosphäre zu schützen. Wir halten diesen Schutz, bei der in der Regel geringen Haltbarkeit und Dauerhaftigkeit, für eine Maßregel von ziemlich zweifelhaftem Werte. Zum mindesten müßte ein derartiger Anstrich nach jedem Blitzschlage erneuert werden, weil hierbei, wie die Erfahrung gezeigt hat, die Lackschicht von der Leitung abgeschält wird. Hingegen bildet das Verzinken einen empfehlenswerten Schutz gegen Oxydation.

Soll eine Blitzableiteranlage zuverlässig wirken, so ist es unerläßlich, für eine dauerhafte gut leitende Verbindung der einzelnen Theile unter einander Sorge zu tragen. Wir können dreierlei Arten dieser Verbindungen unterscheiden: Die bereits (S. 692 u. f.) besprochene Verbindung der Spitze mit der Auffangstange, die Verbindung der Fangstange, beziehungsweise Spitze mit der Leitung und die Verbindung der einzelnen Theile der Leitung unter einander.

Man hat die Auffangstange mit der Leitung dadurch verbunden, daß man letztere an erstere parallel anlegte, an dieser Stelle beide mehrfach quer durchbohrte und durch durchgeschraubte (nicht bloß durchgesteckte) Bolzen mit Gegenmuttern fest mit einander verband. Um einen guten metallischen Contact zu sichern, wurden die Berührungsflächen vorher blank gescheuert; besser und sicherer läßt sich dies aber durch eine zwischengelegte Zinkplatte oder durch Verzinken der Flächen erreichen. Bleiplatten an Stelle der Zinkplatten dürfen nicht verwendet werden, da sie ihrer schlechten Leitungsfähigkeit wegen einen zu großen Uebergangswiderstand bieten. Diese Verbindungsweise ist aber überhaupt nicht sehr zu empfehlen, da durch das Durchbohren der Fangstange die Festigkeit derselben beeinträchtigt wird.

In Beziehung auf den letzterwähnten Umstand sind Verbindungsarten, wie sie in den Figuren 251 und 252 für Fangstangen von viereckigem, beziehungsweise rundem Querschnitte dargestellt sind, vorzuziehen. Die Fangstange wird

hierbei von einer Art Gabel, beziehungsweise von einem Ringe umfaßt und durch Verschraubung mit der Leitung verbunden. Natürlich muß auch bei dieser Art der Verbindung dafür Sorge getragen werden, daß Fangstange

Fig. 251.

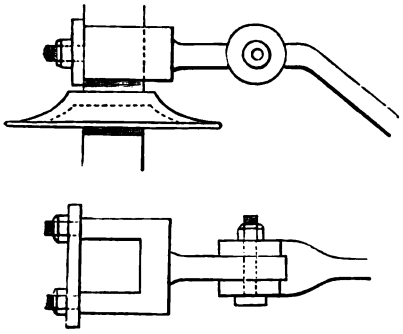
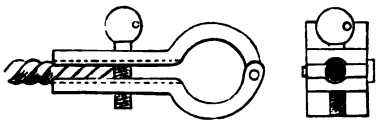


Fig. 252.



Verbindungen der Fangstange mit der Leitung.

und Leitung mit metallischen Flächen aneinander liegen. Um diese dauerhaft zu sichern, soll der Verschraubung ein Verlöthen folgen; auch würde es sich

Fig. 253.

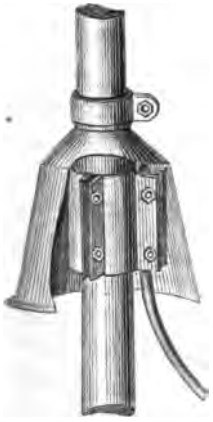


Fig. 255.

Fig. 254.

Verbindungen der Fangstange mit der Leitung.

empfehlen, die Ansätze so zu biegen, daß Leitung und Fangstange einen spitzen Winkel mit nach oben gerichtetem Scheitel bilden, wie dies z. B. bei der in Figur 253 dargestellten Verbindung der Fall ist. Hier umschließt eine kupferne Schelle die Fangstange und ist die Leitung durch Verschraubung und Verlöthung mit ersterer solid verbunden. Zum Schutze der Verbindungsstelle ist auch noch ein Schutztrichter aus Zink- oder Kupferblech an der Fangstange

befestigt. Diese einfache Verbindungsweise entspricht, sorgfältig ausgeführt, vollkommen dem angestrebten Zwecke.

In neuerer Zeit pflegt man die Leitung häufig nicht an der Fangstange, sondern an der Spitze selbst zu befestigen. Principiell ist gegen eine solche Anordnung nichts einzuwenden, nur sollte hierdurch die Controlirung der Verbindungsstelle nicht erschwert werden. Bei Anwendung metallischer Fangstangen ist hiermit allerdings auch ein unnützer Materialaufwand verbunden, indem die Fangstange aus der Leitung mehr oder weniger vollkommen ausgeschlossen wird.

Eine solche Verbindung wurde z. B. von L. Klasen für eine Auffangstange aus Rundeisen und ein Kupferdrahtseil von 10 Millimeter Durchmesser angegeben. Auf das obere Ende der eisernen Stange, Figur 254, ist nämlich eine ausgedrehte gußeiserne Kugel aufgeschoben, die unten eine seitliche Oeffnung hat, durch welche das Drahtseil gesteckt ist. An dem Ende des Drahtseiles wird ein kurzer Zapfen aus Kupfer mit Schlagloth angelöthet, der gut in das Loch der Kugel paßt und oben einen Ansatz mit Schraubengewinde hat, worauf die kupferne Auffangspitze aufgeschraubt ist. Die gußeiserne Kugel verbindet also die drei Theile mit einander, wobei aber die eiserne Stange nichts weiter mit der Ableitung zu thun hat, sondern nur als Träger der Auffangspitze und des Drahtseiles dient; das letztere ist um die Stange herumgeschlungen und dann entsprechend weitergeführt.

Zwarg, in Freiberg, verbindet die Fangspitze mit dem Ableitungsdrahte in der Weise, daß er an dem unteren Theile a der Spitze, Figur 255, der als Schraubenmutter zum Anschrauben auf die schmiedeeiserne Stange ausgebildet ist, eine seitlich abzweigende Hülse c anbringt, in welche der Leitungsdraht eingelöthet wird. Dieser untere Theil a ist oben mit einer Schraube d versehen, die in eine kleine vergoldete Spitze e ausläuft und über welche die eigentliche Fangspitze b geschraubt wird. Die kleine Spitze e dient nur aushilfsweise als Fangspitze, wenn die eigentliche Spitze b behufs Neuvergoldung entfernt werden muß. Die Hülse c kann auch aus zwei Theilen gemacht werden, von welchen der eine aus einem Stücke mit dem unteren Theile von d besteht, der andere, in welchem der Leitungsdraht eingelöthet ist, hingegen erst durch eine Schraubenmutter mit ersterem verbunden wird. Bei dieser Construction kann der Leitungsdraht mit Hartloth eingelöthet werden, was bei der vorigen Anordnung wegen Beschädigung der Vergoldung der kleinen Hilfsspitze e nicht geschehen konnte.

Wir begnügen uns mit diesen Beispielen von Verbindungsarten der Leitung mit der Fangspitze, beziehungsweise Fangstange, und weisen nur noch auf die bereits (S. 695 u. f.) beschriebenen Verbindungen hin, bevor wir zu den Ver-

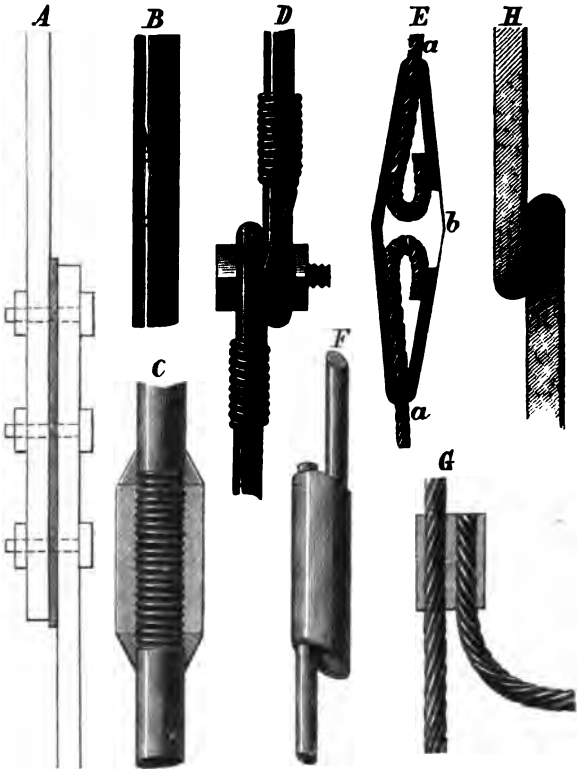
bindungen der Leitungsstücke unter einander übergehen. Es ist wohl kaum nothwendig, zu bemerken, daß man trachten muß, die Verbindungsstellen auf eine möglichst geringe Anzahl zu reduciren.

Stangen- oder stabförmige Leitungsstücke können in der Weise mit einander verbunden werden, daß man die Enden der zu verbindenden Theile in einer Länge von etwa 10 Centimeter bandförmig ausschmiedet und die vollkommen blanken oder galvanisirten Flächen mit einander vernietet; außerdem ist die ganze Verbindungsstelle gut zu verlöthen. Es mag an dieser Stelle bemerkt werden, daß das Verlöthen in allen diesen Fällen nur den Zweck hat, ein mindestens unvermindertes Leitungsvermögen der Leitung an der Verbindungsstelle vollkommen zu sichern, nicht aber die Festigkeit zu erhöhen; es braucht daher kein sehr schwer flüssiges Loth zur Verwendung zu kommen. Ist die anderweitige Verbindung sorgfältig hergestellt, so ist auch ein Schmelzen des Lothes durch einen etwaigen Blitzschlag nicht zu befürchten. Eiserne Theile werden übrigens am sichersten durch Schweißen mit einander verbunden; man wird daher immer diese Verbindungsart wählen, wenn sie überhaupt ausführbar ist.

Die in Figur 256 A dargestellte Verbindungsart, bei welcher die beiden Enden der zu verbindenden Leitungsstücke mit ihren blanken Metallflächen, oder wohl auch unter Zwischenlage einer blanken Zinkplatte aufeinander gelegt und durch drei mit Gegenmuttern versehene Schraubenbolzen verbunden werden, ist dann zulässig, wenn man die Bolzen nicht einfach durch entsprechende Bohrungen der Stangen durchsteckt und nur durch die Gegenmuttern festlegt, sondern auch in diese Bohrungen Gewinde einschneidet, so daß jeder Bolzen in seiner ganzen Länge verschraubt wird. Auch hier hat der Verschraubung ein Verlöthen zu folgen. Genau dasselbe gilt auch von der in Figur 256 B dargestellten Verbindungsweise, die wohl keiner weiteren Erklärung bedarf.

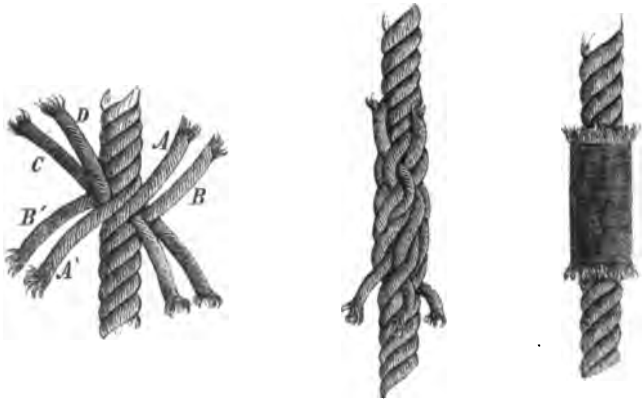
Leitungsdrähte oder Stangen von kreisförmigem Querschnitte kann man auch in der durch Figur 256 C dargestellten Weise mit einander verbinden. Die Enden beider Theile erhalten Schraubengewinde und werden mit ihren vollkommen blanken Stoßflächen durch Ueberschrauben eines hinlänglich starken Muffes fest aneinander gepreßt. Besteht die Leitung aus blankem Eisen oder Kupfer, so sind die in der Verbindung zusammenstoßenden Theile vor der Verlöthung zu verzinnen. Am besten erfolgt wohl die Verlöthung während der Verschraubung. Für nicht zu starke Drähte kann die Verbindung auch in der Weise erfolgen, daß man die beiden Enden ringförmig zusammenbiegt, Figur 256 D, durch beide Ringe eine Schraube steckt und erstere durch Anziehen einer Schraubenmutter fest aufeinander preßt. Hierauf stellt man durch Ueberwinden beider Enden mit dünnem Drahte

Fig. 256.



Verbindungsweisen einzelner Leitungstheile unter einander.

Fig. 257. Fig. 258. Fig. 259.



Verbindungen von Drahtseilen.

noch eine Verbindung her, wie dies die Figur zeigt und sichert sämmtliche Verbindungsstellen durch Verlöthung.

Kernaul, in München, bewirkt die Verbindung der Drahtseile bei Blitzableitern durch eine nach beiden Enden a a, Figur 256 E, hin konisch auslaufende Hülse aus Kupfer, welche auf der Langseite mit einer länglichen Oeffnung b versehen ist. Die Drähte werden an den Enden a eingeführt, durch die Oeffnung b geschoben, hierauf umgebogen und wieder zurückgezogen, wobei sich dann die so verdickten Enden fest gegen die konischen Wandungen der Hülse pressen. Zur besseren metallischen Verbindung zwischen Drähten und Hülse wird diese letztere dann noch durch die Oeffnung b mit Metall ausgegossen.

Kupferdrahtseile kann man auch in der Weise verbinden, daß man über die Enden derselben starke, knapp anpassende Kupferhülsen schiebt und mit den Drahtseilen verlöthet. Da das Loth bedeutend schlechter die Elektricität leitet als das Kupfer, wendet man ersteres zwischen den zu verbindenden Theilen in möglichst dünner Schicht an, was durch ein gutes Anpassen der Kupferhülsen auf die Draht- oder Seilenden erreicht wird. Eben zur Verminderung des Uebergangswiderstandes trägt auch eine entsprechende Dicke der Kupferhülse bei. In dieser Weise ausgeführte Verbindungen sind in Figur 256 F und G für die Vereinigung zweier Stücke einer Leitung und für den Anschluß einer Leitung an eine zweite dargestellt.

Für bandförmige Leiter wird hin und wieder die in Figur 256 H dargestellte Verbindungsweise gewählt, d. h. man begnügt sich damit, die beiden Enden ineinander zu falzen. Daß die hiermit erzielte Verbindung eine sehr mangelhafte ist, bedarf erst keiner Erwähnung; sie ist selbst dann nicht sehr zu empfehlen, wenn das Falzen unter gleichzeitigem Verlöthen vorgenommen wird. Eine sichere und ausreichende Verbindung bandförmiger Leiter erreicht man durch Vernieten und Verlöthen beider Enden, etwa in der Weise, wie dies für die Stäbe in Figur 256 A dargestellt ist, oder auf ähnliche Art.

Für die Verbindung zweier Drahtseilenden mit einander schlägt Calláud ein »Verspließen« vor, wie dies bei den Schiffstauen üblich ist (Fig. 257 und 258). An Stelle der Verspließung kann auch noch eine andere Art der Verbindung treten. Die ineinander gesteckten Enden A, A', B, B' ꝛc. (Fig. 257) werden aufgedreht und die einzelnen Drähte des einen Endes um den unaufgedrehten Theil des anderen Drahtseilendes, dieses cylindrisch umhüllend, gelegt; hierauf umwindet man beide Drahtbüscheln vollständig mit Bindedraht, wie dies Figur 259 zeigt. Sowohl dieser Verbindungsart als auch der Verspließung hat ein Verlöthen zu folgen.

III.

Die Blitzableiter-Anlagen.

Der Ausführung jeder Blitzableiter-Anlage hat eine eingehende Untersuchung des zu schützenden Objectes und seiner nächsten Umgebung vorauszugehen, da der Entwurf des Planes für die Anlage von der größten Wichtigkeit ist. Gestalt, Größe und Art des Gebäudes, sein Material ebenso wie seine nächste Umgebung verlangen Berücksichtigung; ein inmitten einer Stadt stehendes Gebäude kann der Blitzgefahr nicht so sehr ausgesetzt sein, wie der Thurm einer auf einem Berge stehenden Kirche oder ein auf dem weiten Ocean schwimmendes Schiff u. s. w. Wir ersehen hieraus, daß bei Herstellung einer Blitzschutzvorrichtung nicht schablonenmäßig vorgegangen werden kann, sondern daß vielmehr die Blitzschutzvorrichtung jedem speciellen Objecte und den jeweiligen Umständen entsprechend angepaßt werden muß. Würde man dies unterlassen, so kann eine, wenn auch sonst ganz tadellos ausgeführte Anlage nicht nur wertlos sein, sondern sogar die Blitzgefahr vermehren.

Nachstehend mögen jene Grundsätze angedeutet werden, von welchen man sich bei der Anlage einer Blitzschutzvorrichtung leiten zu lassen hat. Beginnen wir wieder mit den Auffangstangen. In Bezug hierauf ist den weiter oben (S. 705) bereits mitgetheilten Regeln noch folgendes beizufügen: Erfordert die Größe oder die Form des zu schützenden Gebäudes mehr als eine Auffangstange, so erscheint es zweckmäßig, eine größere Anzahl verhältnißmäßig kürzerer Stangen zu verwenden, als eine beschränkte Anzahl langer Stangen aufzustellen. Mit Rücksicht auf die Sicherheit und Dauerhaftigkeit der Aufstellung, sowie auch auf die Kosten, wird man in der Regel nur Stangen von 2 bis 4 Meter verwenden, nie aber über eine Länge von

5 Meter hinausgehen. Ueber die Wahl der Aufstellungspunkte und über die Vertheilung der Stangen sind bereits oben entsprechende Angaben gemacht worden.

Die Zahl und Führung der Leitungen hängt hauptsächlich von der Größe und Beschaffenheit des Gebäudes und auch von den Anziehungspunkten ab, welche die nächste Umgebung desselben dem Blitze darbietet. Die Ermittelung der letzteren ist eine der Hauptaufgaben, welche vor Disposition der Gesammtanlage zu lösen sind. Als solche Hauptanziehungspunkte gelten größere zusammenhängende, stehende oder fließende Wassermassen, das Grundwasser, eiserne, mit demselben in Verbindung stehende Pumpen, metallische Röhrennetze und Erde, welche durch Jauche oder Abflußwässer irgendwelcher Art ständig naß erhalten wird; ferner sind auch zu berücksichtigen Regenrinnen und Abflußcanäle jeder Art, größere und namentlich zusammenhängende, aber auch kleinere vereinzelte Metallmassen, wenn diese durch ihre Lage eine Art Reihe bilden. Auch ist bei der Verlegung der Leitung darauf Rücksicht zu nehmen, von welcher Seite her die meisten Gewitter aufziehen, weil diese Seite zuerst und am meisten vom Regen durchnäßt wird und auf dieser auch, unter sonst gleichen Umständen, die Erde am feuchtesten sein wird.

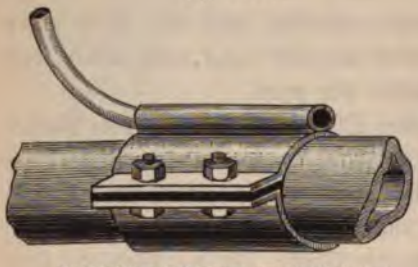
Sind in der Nähe des zu schützenden Objectes Wasserläufe oder Massen oder Röhrenleitungen obgenannter Art vorhanden, so sind durch diese — Weber nennt sie Entladungsstellen erster Classe — die Plätze für die Erdleitungen bestimmt. Erst, wenn solche nicht zu erreichen sind, kommen die darnach genannten »Entladungsstellen zweiter Classe« für die Wahl der Erdleitungen in Betracht. Bereits vorhandene Brunnen sollen nur dann für die Erdleitung Verwendung finden, wenn sie nicht innerhalb des zu schützenden Objectes liegen. Ist es ein Brunnen für Trinkwasser, so darf aus sanitären Gründen zur Herstellung der Erdleitung kein Kupfer verwendet werden; man versenkt dann eiserne Platten oder Röhren mit eiserner Zuleitung in den Brunnen. Die Zahl der Erdleitungen wird nicht nur durch die Größe des zu schützenden Objectes, sondern auch durch die früher genannten Anziehungspunkte bestimmt. Zu den Entladungsstellen erster Classe soll immer eine Erdleitung führen; sind nur Entladungstellen zweiter Classe vorhanden, so wird man gut daran thun, die Erdleitung nach allen diesen Stellen hin zu verzweigen, beziehungsweise diese unter einander gut leitend zu verbinden.

Sind die Punkte für die Aufstellung der Fangstangen und für die Versenkung der Erdleitungen bestimmt, so sind hierdurch auch bereits die Endpunkte der Luftleitungen gegeben. Bezüglich ihrer Führung ist folgendes zu bemerken: Die Luftleitung soll derart verlegt werden, daß sie auf möglichst kurzem Wege die Verbindung der Fangstangen, die auch alle unter einander

zu verbinden sind, mit den Erdleitungen herstellt. Hierbei hat man auch darauf zu achten, daß die Leitung, soweit als möglich, über vorspringende und daher höher gefährdete Theile des Gebäudes führt, falls diese zu ihrem Schutze nicht einer eigenen Fangstange bedürfen, wie z. B. Thürmchen u. dergl. Man vermeide ferner scharfe Ecken und Biegungen der Leitung, da solche Seitenentladungen begünstigen, und lasse selbe, soweit als thunlich, möglichst vertical verlaufen.

Um das Abspringen des Blitzes von der Leitung zu verhindern, erscheint es geboten, Metallmassen, welche dem Gebäude angehören oder in dessen Nähe sich befinden, mit der Blitzableiterleitung zu verbinden. Als solche Metallmassen sind zu betrachten: Eisenconstructionen des Dachstuhles, ganze oder auch nur theilweise metallische Bedachung, ebensolche Schornsteinaufsätze, Thürmchen, Wetterfahnen u. dergl., namentlich wenn sie Spitzen und Kanten besitzen, ferner die Regenrinnen, eiserne Treppen, eiserne Säulen und Träger, die bis in die höchsten Stockwerke hinaufreichen, und namentlich Gas- und Wasserleitungsröhren. Dem zu schützenden Objecte naheliegende oder innerhalb desselben befindliche Metallröhren, welche ausgedehnteren Röhrennetzen angehören, sind in jedem Falle mit dem Blitzableiter zu verbinden; es erscheint dies sowohl im Interesse des zu schützenden Objectes, als auch, und oft noch mehr, zum Schutze der Röhrenleitung geboten. Letztere stellt in ihrer Gesammtausdehnung mit der bedeutenden Fläche, durch welche sie mit der Erde in Berührung steht, eine Erdleitung dar, wie man sie besser auszuführen absolut nicht in der Lage ist. Unterläßt man es dennoch, eine Verbindung mit der Blitzableiteranlage herzustellen, so ist die Gefahr, daß der Blitz die Blitzableiterleitung verläßt oder sogar gar nicht benützt, sondern direct auf die Röhrenleitung zustrebt, eine sehr große, und in beiden Fällen wird zumeist eine Zertrümmerung oder sonstige starke Beschädigung der Röhrenleitung die Folge sein.

Fig. 260.



Anschluß der Erdleitung an ein Rohrnetz.

Der Anschluß wird am zweckmäßigsten außerhalb des Gebäudes am Straßenrohre oder doch außerhalb des Gas- und Wassermessers bewerkstelligt. Es kann dies nach dem Vorschlage von Holtz in der Weise geschehen, daß man die Blitzableiterleitungen in einigen langen Windungen um das Rohr herumführt und mit diesem an mehreren Stellen verlöthet. Man kann auch

wie Melsens will, auf das an der betreffenden Stelle blankgescheuerte Rohr eine ebensolche Kupferplatte aufsetzen und dann diese mit dem Rohre und mit den Leitungsdrähten des Blitzableiters durch Verschraubung, beziehungsweise Verlöthung verbinden. Ebenso einfach als zweckmäßig erscheint es, das metallisch blankgescheuerte Rohr mit einer zweitheiligen blanken Metallschelle zu umschließen, in welche die Leitung des Blitzableiters verlöthet ist (Fig. 260).

Reichen die Röhrenleitungen bis in das oberste Stockwerk des Gebäudes, so genügt dieser einfache Anschluß des Blitzableiters an die Rohrleitung nicht. Es kann dadurch nicht verhindert werden, daß der Blitz das Dach durchschlägt und direct auf die obersten Ausläufer der Röhrenleitung überspringt. Bei solchen Verhältnissen müssen daher auch die höchsten Ausläufer dieser Rohrleitungen mit dem Blitzableiter in Verbindung gesetzt werden. Sind diese Rohrleitungen innerhalb des Gebäudes an ihren Verbindungsstellen durch nicht leitende Stoffe gedichtet oder bestehen sie aus dünnen und daher geringe Leitungsfähigkeit besitzenden Bleiröhren, für welche die Gefahr des Abschmelzens besteht, so steht uns zur Vermeidung jeder Gefahr kein anderes Mittel zu Gebote, als die unzureichende Leitungsfähigkeit durch eigene Leitungsdrähte zu verstärken, die mit der Rohrleitung in möglichst vielfältigem und innigem metallischen Contacte stehen.

An diese ganz allgemein dargelegten Grundsätze, nach welchen man sich bei Ausführung von Blitzableiteranlagen zu richten hat, wollen wir nunmehr Beispiele reihen, welche zeigen sollen, wie in speciellen Fällen die Anlagen auszuführen sind.

1. Blitzableiter auf größeren Gebäuden.

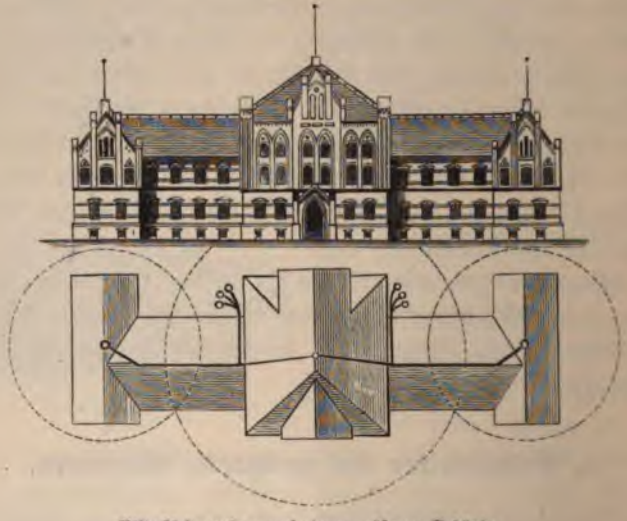
Die Anlage eines Blitzableiters auf einem großen Schulgebäude ist nach Zeichnungen von W. Kirchner in Kiel in Figur 261 dargestellt. Dieses Schulgebäude hat eine Länge von 67 Meter und ist im Mittelbaue 23 Meter tief, bei einer Höhe von 25 Meter. Die Anlage wurde mit drei Fangstangen und zwei Erdleitungen ausgerüstet. Die regelmäßige Form des Mittelbaues, sowie die Höhe desselben mußten im Vorhinein zur Aufstellung der Hauptauffangstange auf diesem Tracte führen. In der That erhielt derselbe auf der Höhe seiner First eine Stange von 7 Meter Länge, deren Schutzkreis sich weit über die beiden seitlichen Flügel erstreckt. Daher konnten auch die Auffangstangen an den Seitenbauten erheblich kürzer genommen werden. Die Figur läßt erkennen, daß hierbei das Gebäude in seiner ganzen Ausdehnung innerhalb der Schutzkreise liegt. Die bedeutende Länge des Gebäudes ließ es zweckmäßig erscheinen, zwei Ableitungen anzuordnen und diese sowohl unter

einander als auch mit den Nebenleitungen zu verbinden; die Nebenleitungen laufen auf der Firſt der Flügeln und ſchließen ſich den Hauptleitungen auf dem Dache des Mittelbaues an.

Mit Ausnahme der über das empfehlenswerte Maß hinausgehenden Länge der mittleren Fangſtange iſt dieſe Blitzableiteranlage als eine entſprechende zu bezeichnen.

Ganz verſchieden von dieſer Anlage ſind die nach dem Melſens'ſchen Syſteme ausgeführten Anlagen; hier werden an Stelle der einzelnen hohen Stangen Spitzenbüſchel von 0·5 bis höchſtens 2 Meter Höhe in Anwendung

Fig. 261.

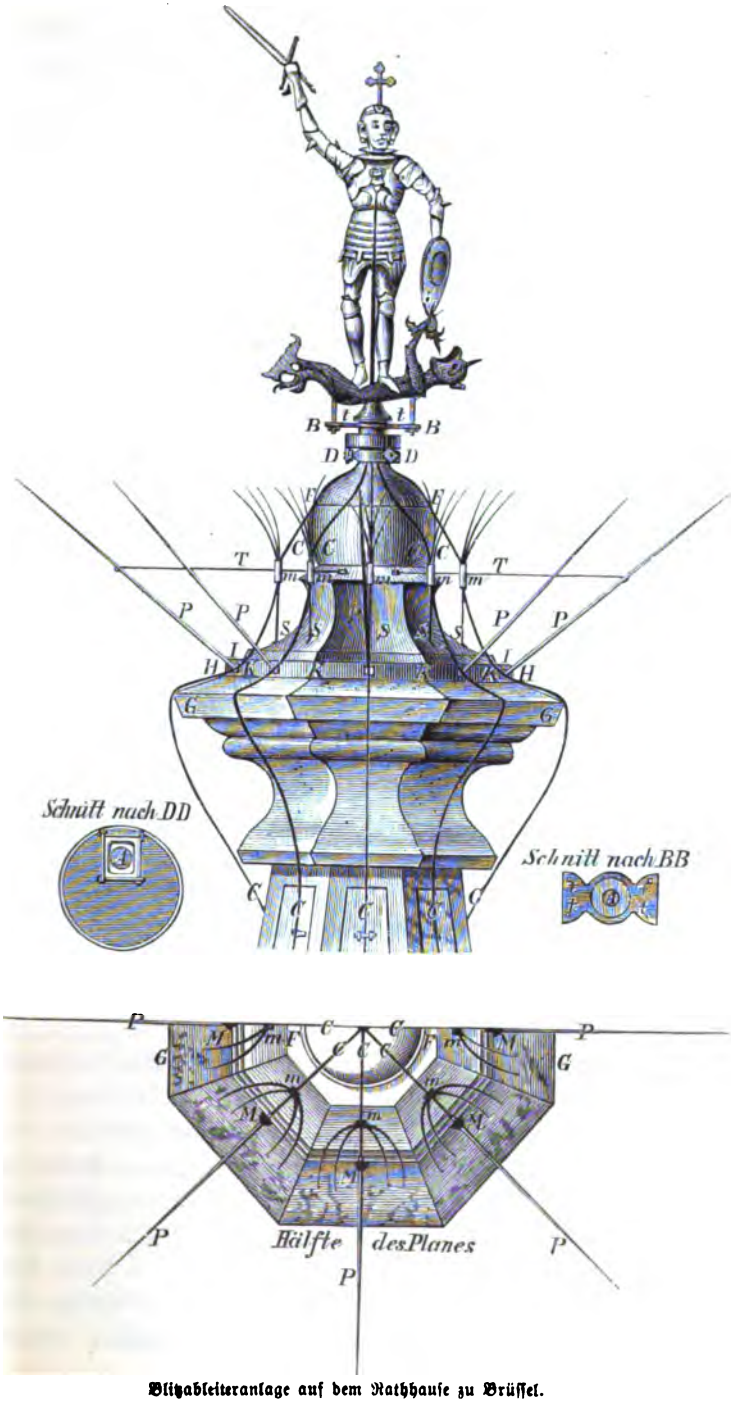


Blitzableiteranlage auf einem größeren Gebäude.

gebracht. Ein typiſches Beiſpiel dieſes Syſtems bildet die Blitzableiteranlage auf dem Rathhauſe zu Brüſſel, welche genau nach Melſens' Plänen und unter ſeiner eigenen Controle ausgeführt wurde. Die nachſtehenden Angaben und dazu gehörigen Figuren ſind einem diesbezüglichen Berichte in der Zeitſchrift »La lumière électrique« entlehnt.

Figur 262 ſtellt die von dem Standbilde des heiligen Michael gekrönte Thurmſpitze dar. Dieſe Figur beſteht aus vergoldetem Kupfer und dient gleichzeitig als Windfahne, die ſich um eine eiſerne Axe dreht. Letztere dringt tief in den maſſiven Stein ein und ſteht mit der Figur in gutem metalliſchen Contacte, da die Berührungsflächen durch die Reibung bei der Drehung ſtets blank geſcheuert werden. Die Platte B B und vier Stangen t verhindern

Fig. 262.

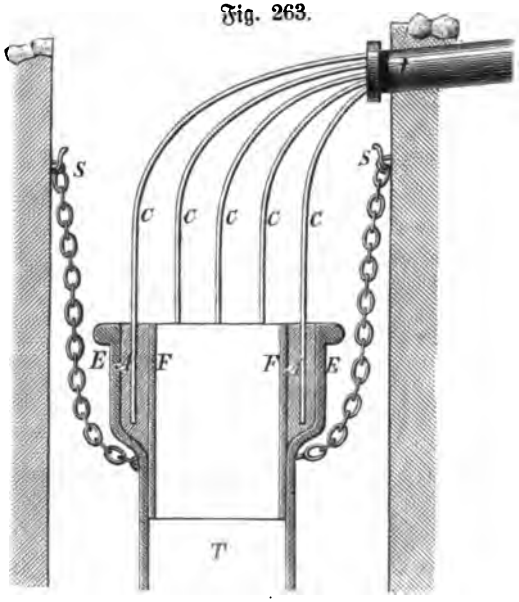


Blitzableiteranlage auf dem Rathhause zu Brüssel.

jede seitliche oder verticale Verschiebung. Der ganze Knauf von D D abwärts bis G G ist mit Kupferblech überzogen, welches bei H J verzinnt ist; auf dem Stücke D D, F F wird es von einer Bleiplatte bedeckt, welche der verschraubte Ring D D festhält. Die Aufgabe der ersteren besteht darin, das Eindringen von Wasser zwischen der eisernen Axe und dem Kupferbleche hintanzuhalten. An dieser Axe sind unter Vermittelung des Ringes D D die acht Leitungen C aus galvanisirtem Eisen von 10 Millimeter Durchmesser befestigt. Die metallische Verbindung derselben mit der Axe wurde durch Zinkguß hergestellt. Auf dem Vorsprunge G G ist bei K K ein gut verzinnter eiserner Ring von 4 Centimeter Seite aufgesetzt. An diesem sind acht Fangstangen P von 2 Meter Länge befestigt. Dieselben haben an ihrer Basis eine Stärke von 18 Millimeter und enden in Kupferspitzen von 1 Meter Länge, welche von der Spitze ab 20 Centimeter lang im Feuer gut vergoldet sind. Ihre metallische Verbindung mit den Leitungen und dem Eisenkranze ist durch Zapfen aus Zinkguß (M M) hergestellt. Ebenso ist auch der Raum zwischen dem Eisenkranze und der Kupferbedeckung des Knaufes mit Zink (im Gewichte von beiläufig 100 Kilogr.) ausgegossen. Die Spitzen sind, um sie sicher in ihrer Stellung zu erhalten, überdies noch durch Stangen T an der Kupferbedeckung befestigt. An den acht Punkten m, an welchen die Leitungsdrähte mit den letzgenannten Stangen zusammentreffen, sind Spitzenbüschel aus Rothkupfer von 50 Centimeter Länge angebracht; die Stangen S dienen als Stützen für dieselben. Alles zusammen, nämlich das Standbild, die acht großen und die vierzig kleinen Spitzen, eine einzige innig zusammenhängende Metallmasse bildend, stellt ein großes Spitzenbüschel dar, welches sich, die Entfernung zweier einander gegenüberliegender großer Spitzen gemessen, über eine Kreisfläche von 5 Meter Durchmesser erstreckt.

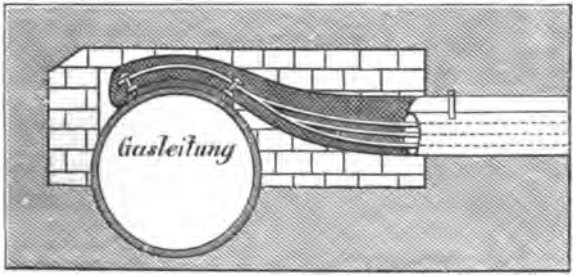
Die Erdleitung oder die Verbindung der Luftleitungen mit dem Brunnen ist in Figur 263 dargestellt. Die acht Leitungen C gelangen zu demselben durch das Eisenrohr t und enden in dem Gußeisenrohre T, welches bei 2·72 Meter Länge einen Durchmesser von 0·6 Meter besitzt. Um die Leitungen mit diesem Eisenrohre zu verbinden, wurde in dasselbe der Eisenblechcylinder F F mit starker Reibung eingeführt; hierauf senkte man die Leitungen in den auf diese Art gebildeten ringförmigen Raum A A ein und goß dann diesen mit Zink aus. Das Rohr T selbst wird in einer Tiefe von 3 Meter unter der Erdoberfläche durch die Ketten S S gehalten; die Berührungsfläche mit dem Wasser (außen und innen gerechnet) beträgt ungefähr 9 Quadratmeter. Durch das Innere des Rohres wurden 20 Eisendrähte von je 5 Meter Länge und 12 Millimeter Durchmesser geführt, welche man oben zu zweien oder dreien mit je einer der acht Leitungen verband und unten in Spitzen ausgehen ließ.

Fig. 263.



Erdleitung nach Meliens.

Fig. 264.



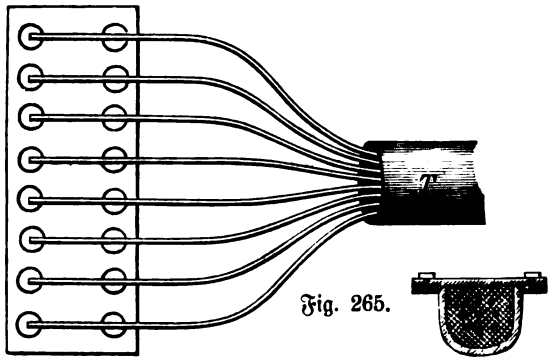
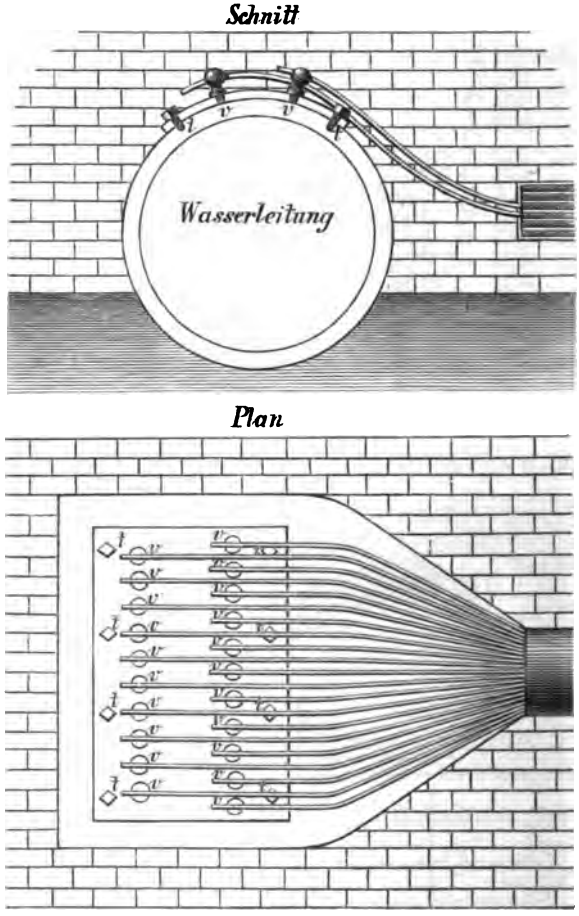


Fig. 265.

Verbindung des Blitzableiters mit der Gasleitung.

Außerdem verband man jeden der acht Leiter durch einen Draht von 10 Millimeter Durchmesser mit einer Platte aus Gaskohle von 1 Meter Länge und 0·35 Meter Breite.

Fig. 266.



Verbindung des Blitzableiters mit der Wasserleitung.

Zu den Gas- und Wasserleitungsröhren gelangen die Leitungen in einem halbcylindrischen, mit einem Deckel verschlossenen Gußeisenrohre, welches, um ein Rosten zu verhindern, mit Theer gefüllt ist (Fig. 265). Um die Verbindung mit dem Gasrohre (von 30 Centimeter Durchmesser) herzustellen, wurde auf eine blank gescheuerte Stelle desselben eine Kupferplatte von

12 Millimeter Dicke, 15 Centimeter Breite und 40 Centimeter Länge aufgelöthet (Fig. 264) und dann führte man durch die starken Köpfe von 16 in die Kupferplatte verschraubten Messingschrauben die acht Leitungen derart ein, daß jede Leitung eine zweifache Verbindung mit der Platte erhielt. Die ganze gut verzinnte Verbindung der Leitungen mit dem Gasrohre wurde dann in mit Theerbrei bestrichene Leinwand eingehüllt. Um diesen Anschluß an die Gasleitung stets controliren zu können, hat man über dieselbe eine kleine Kammer aus Mauerwerk hergestellt, in welche ein Mann eintreten kann. Den in ähnlicher Weise hergestellten Anschluß der Leitungen an die Wasserleitung, beziehungsweise an ein Rohr von 50 Centimeter Durchmesser, bei einer Wandstärke von 15 Millimeter, stellt Figur 266 dar; auch dieser Anschluß befindet sich, um einer ständigen Controle zugängig zu bleiben, in einer ausgemauerten Kammer.

Die gesammte Berührungsfläche mit der Erde, die durch die Anschlüsse an die beiden Rohrleitungen gewonnen wird, ist zu 435.954 Quadratmeter angegeben, und zwar in folgender Vertheilung:

Innere Fläche der	Wasserleitungsröhren	142.837	Quadratmeter
äußere »	»	161.634	»
» »	Gasleitungsröhren	131.483	»
	Summe	435.954	Quadratmeter

2. Blitzableiter auf Kirchen, Fabriks-Schornsteinen und Windmühlen.

Kirchen, Windmühlen und Schornsteine bedürfen ihrer sehr häufig exponirten Lage und ihrer Höhe wegen besonders sorgfältig ausgeführter Blitzableiteranlagen. Was zunächst die Kirchen anbelangt, so kommt bei diesen natürlich der Thurm hauptsächlich in Betracht. In welcher Weise dieser mit der Fangstange oder Spitze versehen wird, ist bereits weiter oben (S. 694) mitgetheilt worden; zur Ergänzung desselben fügen wir nachstehend noch folgendes bei: Die Ableitung, deren Stärke nach Maßgabe ihrer Länge, aber nie unter 0·7 bis 0·8 Quadratcentimeter für Kupfer und nie unter 1·3 bis 1·4 Quadratcentimeter für Eisen zu bemessen ist, hat stets direct in die Erde zu erfolgen; das Kirchenschiff hat daher eine eigene Leitung zu erhalten, die aber mit der Leitung des Thurmes verbunden wird. Es empfiehlt sich eine solche eigene Leitung auch für jene Fälle, in welchen die Länge des Kirchenschiffes die Höhe des Thurmes, vom Kirchendache an gerechnet, nicht überschreitet.

Da die Thurmleitung also stets direct in die Erde zu führen ist, wird auch für kleine Kirchen eine Erdleitung nicht mehr ausreichen, namentlich,

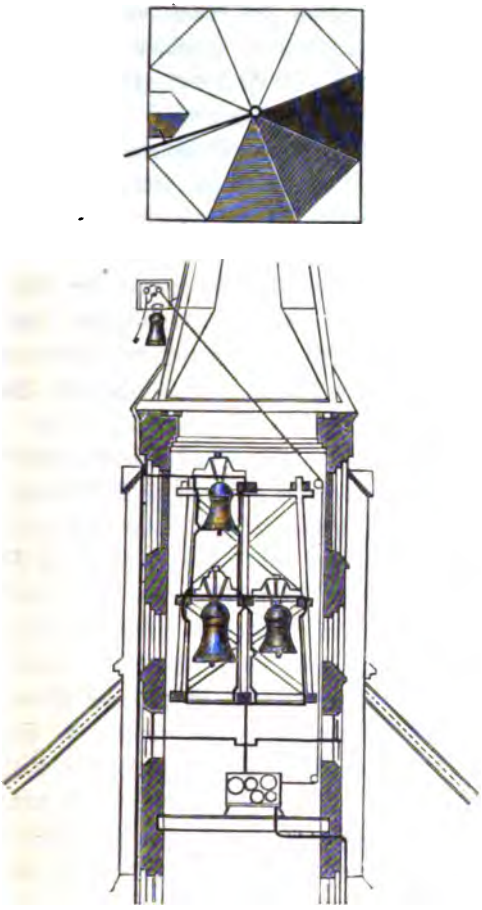
wenn auf der dem Thurme gegenüberliegenden Seite des Kirchenschiffes ein besonderer Anziehungspunkt, also z. B. eine größere Wassermasse vorhanden ist. Man versieht das Schiff mit einer Firstleitung, die einerseits mit der zur Wassermasse geführten Erdleitung verbunden ist, andererseits sich an die Thurmleitung, am Zusammenstoßpunkte der Dachfirst mit dem Thurme, anschließt. Einem Thurme zwei Ableitungen zu geben, ist überflüssig. Hingegen muß bei einer Kirche mit zwei Thürmen stets jeder Thurm einen eigenen Blitzableiter erhalten.

Das Kirchenschiff erhält eine oder mehrere Fangstangen, entsprechend seiner Form und Größe. Für die Aufstellung der Fangstangen kommen hierbei namentlich kleine Thürmchen, die sogenannten Dachreiter in Betracht, die stets eine Spitze erhalten sollen. Besondere Vorsicht ist der Einschaltung der oft in größerer Masse oder in einer Art metallischer Kette vorhandenen Metallmassen, wie eisernen Ankern, Schließeisen, Treppen und Treppengeländern, Drahtseilen, den Glocken und dem Uhrwerke u. s. w. zuzuwenden. Es sind namentlich bei Kirchen viele Fälle bekannt geworden, wo der Blitz von im Uebrigen ganz zweckmäßig angelegten Blitzableitern absprang, weil er durch unberücksichtigt gebliebene Metallmassen eine bessere Ableitung fand. Beschädigungen an den Glocken und am Uhrwerke kommen bei Blitzschlägen besonders häufig vor, weshalb die Einbeziehung der genannten Bestandtheile wohl in den meisten Fällen zu verlangen ist. Wie dies geschehen kann, zeigt (nach Karsten) die Skizze, Figur 267, einer an mehreren Kirchen bereits ausgeführten Leitung, bei welcher die obere Leitung in zwei sich spaltenden Zweigen, deren einer um Glocken und Uhr geht, zum Boden hinabgeführt ist.

In ähnlicher Weise, wie bei Kirchthürmen, hat man natürlich auch bei Thürmen anderer Art vorzugehen. Leuchtthürme sind wegen der Nähe des Meeres, wodurch sehr bedeutende Entladungen veranlaßt werden können, mit stärkeren Leitungen zu versehen. Melsens verbindet z. B. die ganz aus Metall construirte Laterne des Leuchtthurmes (von Ostende) mit acht Leitungen aus verzinktem Eisen und gibt jeder derselben einen Durchmesser von 10 Millimeter; überdies wurden diese acht Leitungen unter einander durch mehrere gürtelförmige Leitungen zu einem metallischen Ganzen vereinigt.

Aehnliche Verhältnisse, wie Thürme überhaupt, bieten hohe Fabrikschornsteine und Windmühlen der Anlage von Blitzableitern dar. Fabrikschornsteine bilden nicht nur ihrer Höhe wegen, sondern auch infolge ihrer inneren Auskleidung durch den halbleitenden Ruß und die ausströmenden Feuergase besondere Anziehungspunkte für den Blitz. Hat man es mit eisernen Kaminen zu thun, so ist die Blitzschutzvorrichtung in sehr einfacher Weise zu bewerkstelligen. Auf dem oberen Ende wird eine Fangstange von geringer

Fig. 267.

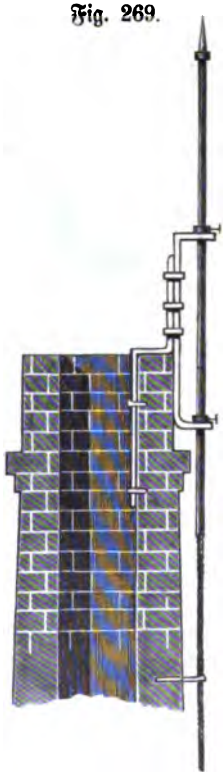


Blitzableiter auf einem Uhr- und Glockenthurm.

Fig. 268.

Blitzableiter auf einem Schornstein.

Fig. 269.



Blitzableiter auf einem Schornstein.

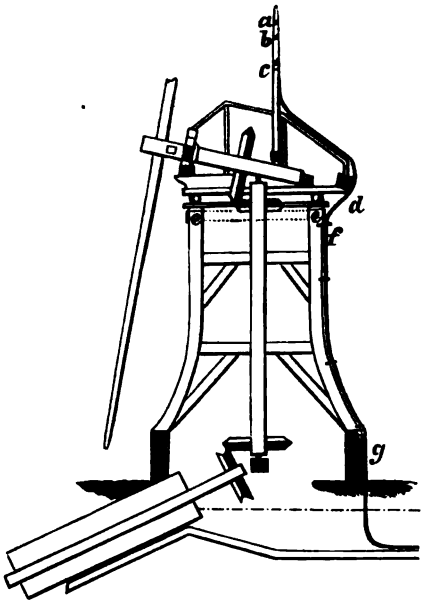
Länge aufgesetzt und das untere Ende des Schornsteines mit der Erde in gutleitende Verbindung gebracht.

Gemauerte Schornsteine pflegt man oben mit Eisenplatten abzudecken. Auf diesen erfolgt dann häufig die Befestigung der Fangstange durch drei mit den Platten, beziehungsweise mit der Fangstange verschraubten oder vernieteten Stützen aus Walzeisen, wie dies Figur 268 zeigt. Die Leitung ist dann

entweder direct mit der Fangstange oder auch mit einer der den Schornstein abdeckenden Platten verbunden und längs des Schornsteines zur Erde herabgeführt. Die Leitung muß bei Schornsteinen, gleichwie bei Thürmen, eine Hauptleitung sein, d. h. bei genügender Stärke direct zur Erde führen.

Diese häufig beliebte Aufstellung des Blitzableiters ist jedoch nicht zu billigen, da sie sowohl die Spitze als auch die Verbindungen der ständigen Einwirkung der Feuergase aussetzt und dadurch deren baldige Zerstörung herbeiführt; diese wird noch mehr beschleunigt, wenn der Schornstein, wie dies bei Fabriken häufig der Fall ist, nicht nur Feuergase ableitet, sondern auch noch zur Entfernung anderer Gase und Dämpfe (Schwefeldioxyd, Chlorwasserstoff, Ammoniak u. s. w.) verwendet wird. Aus diesen Gründen kann daher nur eine seitliche Aufstellung und Befestigung der Fangstange gebilligt werden, wie eine solche z. B. in Figur 249, Seite 722, für kleine und in Figur 269 für große Schornsteine abgebildet ist (O. Buchner). Aus demselben Grunde ist auch die Seite des Schornsteines, auf welcher die Stange befestigt wird, nicht gleichgiltig; man hat vielmehr hierzu jene Seite zu wählen, welche der vorherrschenden Windrichtung des betreffenden Ortes am meisten ausgesetzt ist, also in unseren Gegenden gewöhnlich die Westseite, weil dann die Gichtgase selten über die Fangstange streichen werden.

Fig. 270.



Blitzableiter auf einer Windmühle.

Fangstangen auf Essen, die nicht nur indifferente Verbrennungsgase aushauchen, versieht man zweckmäßig noch mit einer Schutzhülle; es kann hierzu ein Blei-, Thon- oder Glasrohr Verwendung finden. Für die Leitung wird in vielen Fällen verzinktes Eisen dem Kupfer vorzuziehen sein, da letzteres unter der ständigen Einwirkung ammoniakalischer Dämpfe (wie sie in Gichtgasen häufig vorkommen) rasch zerstört wird. Um der Continuität der Leitung von der Spitze bis zur Erde stets versichert zu sein, kann man die Leitung an der Erde durch eine Schraube leicht anziehen, so daß sie herunterfällt oder schlaff hängt, sobald an irgend einer Stelle eine Unterbrechung eintritt.

Die Aufstellung von Blitzableitern auf Windmühlen bietet insoferne eine besondere Schwierigkeit dar, als der obere Theil der Windmühle, die Kappe, drehbar ist. Die Anlage kann hier im Wesentlichen nach zweierlei Methoden ausgeführt werden: Man errichtet entweder auf der Kappe eine Fangstange und sorgt von dieser aus für eine entsprechende Ableitung zur Erde oder man versieht jeden der beweglichen Arme an seinem freien Ende mit einer Spitze und verbindet die Spitzen sämmtlicher Flügel mit der Ableitung.

Die Anlage eines Blitzableiters erster Art erfolgt, nach Buchner's Angabe, in nachstehender Weise: Um den obersten Theil der feststehenden Mühle wird ein genau kreisförmiger starker Kupferring e e, Figur 270, angelegt, auf welchem die bei d unten breitgeschmiedete Fortsetzung der an einem Mast mit Ringen a b c befestigten Auffangstange beim Umdrehen schleift. Auf dem obersten breiten Theil der weiteren in den Boden führenden Leitung schleift die Unterseite von d und kann so eine directe Verbindung zwischen Spitze und Boden hergestellt werden.

Da die Stange so hoch genommen werden muß, daß sie die Flügel erheblich überragt, ist ihre Befestigung mit Schwierigkeiten verbunden. Man vermeidet dieselben durch Anwendung der zweiten Methode. Bei dieser sind die auf den einzelnen Flügeln befestigten Spitzen mit Leitungen versehen, welche zu einem Ringe führen, der auf der Flügelaxe schleift; von hier aus kann dann die Ableitung in der früher angegebenen Weise erfolgen. Es ist selbstverständlich, daß in der Mühle vorhandene eiserne Wellen oder Räder und dergleichen mit dem Blitzableiter in Verbindung zu setzen sind.

3. Blitzschutzvorrichtungen für Drahtleitungen.

Wir hatten bereits früher (S. 624 u. f.) Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß im selben Maße, als die Dichte des die Erde umspannenden Telegraphen- und Telephonnetzes zunimmt, auch die Blitzgefahr für dasselbe steigt. Ebendaselbst wurde auch angegeben, in welcher Weise die Blitz- und überhaupt Gewitterwirkungen auf diese Leitungen einwirken; wir wollen uns nunmehr mit den Schutzvorrichtungen, welche zur Abwehr derartiger Beschädigungen zur Anwendung gelangen, beschäftigen. Das Princip, welches allen diesen Schutzvorrichtungen zu Grunde liegt, ist ein sehr einfaches: Ströme hoher Spannung ziehen nämlich einer langen ununterbrochen metallischen Leitung kurze, wenngleich theilweise unterbrochene Leitungen vor, indem sie die Unterbrechungen in Form von Funken überspringen. Da nun in der Telegraphie und Telephonie Ströme geringer Spannung zur Anwendung gelangen, während die

elektrischen Entladungen der Atmosphäre sich durch hohe Spannung auszeichnen, so kann das verschiedene Verhalten der atmosphärischen Elektricität und der Batterieströme dazu benützt werden, beide, wenngleich auf derselben Leitung anlangend, doch von einander zu trennen, d. h. die gefährlichen atmosphärischen Entladungen unschädlich abzuleiten, ohne hierbei die Telegraphenapparate einer Gefahr auszusetzen oder ihren Betrieb zu stören.

Von diesen Erwägungen geleitet, hat bereits Steinheil im Jahre 1846 auf der Linie München-Nannhofen einen Telegraphen-Blitzableiter angebracht. Derselbe bestand aus zwei Kupferplatten, die durch ein Stück Seidenzeug von einander getrennt waren; die eine Kupferplatte war mit der in der Station anlangenden Linienleitung und mit einem zu den Stationsapparaten führenden Drahte verbunden, von der anderen Platte aus ging die Linienleitung weiter, während gleichzeitig der aus den Stationsapparaten kommende Draht an diese Platte angeschlossen war. Somit konnte der durch die Linie anlangende Telegraphirstrom die Apparate in ununterbrochen metallischer Leitung passiren, die hochgespannte atmosphärische Elektricität, unter Vermeidung des Umweges über die Stationsapparate, das Seidenzeug in Funkenform durchschlagen und direct von Kupferplatte zu Kupferplatte die Leitung passiren. Nach Steinheil construirten bald darauf Bréguet, Fardely u. A. verbesserte Blitzableiter.

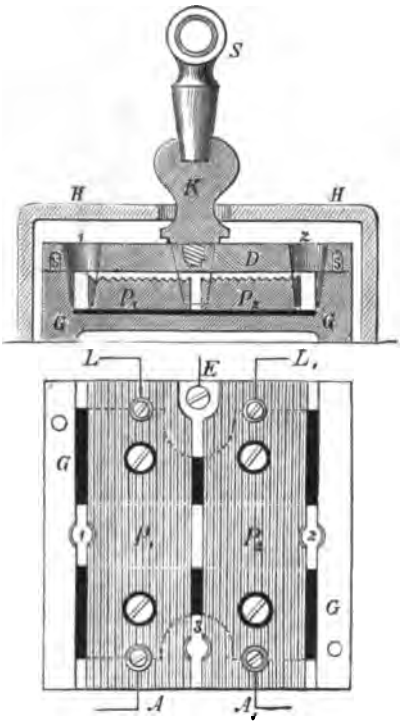
Wie aus vorstehender Beschreibung des Steinheil'schen Blitzableiters ersichtlich, wurde die atmosphärische Elektricität nicht direct zur Erde, sondern nur mit Umgehung der Stationsapparate in die Leitung weiter befördert. Die später erdachten Blitzableiter wurden nunmehr alle dahin verbessert, daß man sie zur directen Ableitung der atmosphärischen Elektricität in die Erde befähigte. Diese Einrichtung zeigte bereits die von Meißner construirte Blitzplatte.

Eine sehr einfache Blitzplatte, welche sich gegenwärtig einer großen Verbreitung erfreut, ist die der Firma Siemens und Halske. Auf einem gußeisernen Grundgestelle G, G, Figur 271, sind, durch eine Hartgummiplatte von ihrer Unterlage isolirt, zwei gleichfalls gußeiserne, an ihrer Oberfläche geriefte Platten, P_1 P_2, befestigt. Diesen gegenüber befindet sich die an ihrer unteren Fläche geriefte Gußeisenplatte D. Die Riefen der unteren Platte sind von jenen der Deckplatte ungefähr 0·5 Millimeter weit entfernt. Stahlzapfen s s dienen zum sicheren Aufsetzen der Deckplatte auf das Grundgestelle; diese und somit auch die Deckplatte stehen mit der Erdleitung E in Verbindung, während an die Platte P_1 eine Linienleitung L und eine Apparatenleitung A und an die Platte P_2 die andere Linien- und Apparatenleitung (L_1 und A_1) angeschlossen sind. Somit kann also z. B. der durch die Linienleitung ankommende Strom von L_1 über die Platte P_2 und durch A_1 zum Apparate

gehen, von wo aus er zur Erde abfließt, oder durch A_1, die Platte P_1 und die Leitung L zur nächsten Station weitergeht. Eine durch L anlangende Entladung atmosphärischer Elektricität wird jedoch den kürzeren Weg wählen, d. h. von der Platte P_2 auf die Platte D überspringen und zur Erde abfließen.*)

Von den Blitzplatten unterscheiden sich zwar nicht dem Principe, wohl aber der Form nach die Spitzenblitzableiter, wie ein solcher u. A. auch von L. Kohlfürst construirt wurde. Kohlfürst hat, um auch jene schwachen Ströme atmosphärischer Elektricität von den Apparaten ferne zu halten, welche keine genügend hohe Spannung besitzen, um die Unterbrechungsstelle der Blitzableiter überspringen zu können, die aber immerhin das Sprechen erschweren, dem Spitzenblitzableiter die in Figur 272 dargestellte Form gegeben. Er beschreibt seinen, z. B. auf der Buschtehrader Eisenbahn in Anwendung stehenden Blitzsteg in untenstehender Weise.

Fig. 271.



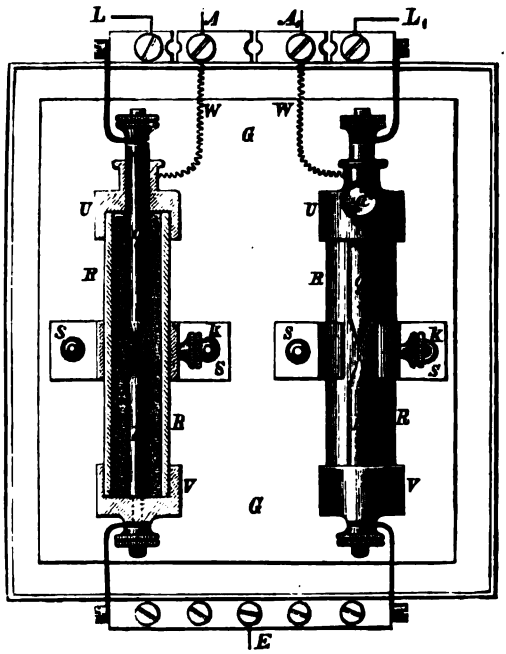
Blitzplatte von Siemens & Halske.

Auf einem Fußbrette ist der aus zwei federnden Theilen zusammengesetzte Messingständer S aufgeschraubt, von welchem eine Glasröhre R festgehalten wird. Die beiden Enden dieser Röhre sind mit messingenen, gut aufgekitteten Verschlußstücken V U versehen. Ein in eine Platinspitze auslaufender Messingcylinder p ist mit dem Verschlußstücke V fest verbunden, ein zweiter, ganz ähnlicher Cylinder q geht durch das Verschlußstück U in die Röhre und kann durch die Klemmschraube d an richtiger Stelle, die durch eine besondere Marke bezeichnet ist, festgeklemmt werden. Die beiden Platinspitzen stehen sich auf eine Entfernung von circa 0·75 Millimeter gegenüber. Der im Glasrohr noch vorhandene Raum, besonders jener zwischen den beiden Platinspitzen, ist mit einem Gemenge von 50 Percent Holzkohlenpulver und 50 Percent Magnesia ausgefüllt. Die Luftlinie $L L_1$ schließt mittelst eines dicken Drahtes

*) Der Stöpsel in dem Holzknopfe K und die Bohrungen 1, 2 und 3 dienen dazu, um die Blitzplatte gleichzeitig als Linienwechsel verwenden zu können.

direct zum Cylinder q an; die Weiterleitung zu den Bureau-Apparaten ist durch eine Spirale W von ganz dünnem, übersponnenem Neusilberdrahte hergestellt. Der Cylinder p steht mit der Erdleitung E in Verbindung. Die Füllung der Röhren mit dem obgedachten Gemenge hat den Zweck, jene Inductionsströme, welche in der Leitung nach und zufolge atmosphärischer Entladungen entstehen und nicht kräftig genug sind, um überzuspringen, auf die Bureau-Apparate aber nichtsdestoweniger schädigend einwirken, unschädlich

Fig. 272.

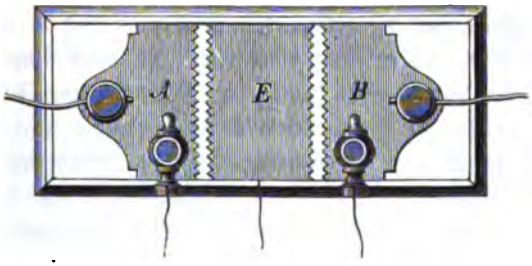


Blitzsteg nach Kohlfürst.

zu machen. Der von der Luftlamelle zur Erdlamelle überspringende Entladungsfunke bringt das zwischen den Platinspitzen befindliche, im kalten Zustande schlecht oder wenigstens so schlecht leitende Gemenge, daß dadurch ein störender Verlust des Betriebsstromes nicht herbeigeführt wird, zum Glühen und macht es dadurch so leitungsfähig, daß der hinter der Entladung folgende Magnet-Inductionsstrom einen bequemen Weg zur Erde findet, ehe er in die Apparate dringen kann. Die fast momentan erkaltende Masse ist wieder so nichtleitend wie früher.

Die Ausfüllung der kleinen Zwischenräume zwischen den Spitzen oder Platten der Blitzableiter durch einen Halbleiter zu dem Zwecke, um dem Funken den Uebergang zu erleichtern, wird übrigens von verschiedenen Constructeuren angewandt. So gelangt z. B. bei den Apparaten von Pouget

Fig. 273.

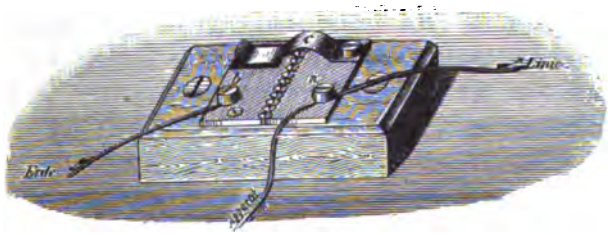


Breguet's Spitzenblitzableiter.

und Masson Alkohol zur Verwendung, bei den in England vielfach gebrauchten Blitzplatten eine Papierzwischenlage; das mit Paraffin getränkte Papier hat hierbei eine Dicke von 0·002 Zoll (englisch). Zu dieser Art Blitzableiter gehören ferner auch die Vacuum-Blitzableiter von Varley u. A.

Ein einfacher, in Frankreich häufig gebrauchter Apparat ist Bréguet's Spitzenblitzableiter. Dieser besteht, wie Figur 273 erkennen läßt, aus drei

Fig. 274.



Spitzenblitzableiter.

Kupferlamellen, deren mittlere E an zwei Seiten sägeartig gezackt ist, während die seitlichen Lamellen A B nur an den der mittleren Lamelle zugekehrten Seiten gezahnt sind. Die drei Lamellen sind auf einem Grundbrette derart befestigt, daß sich deren Zähne, ohne sich zu berühren, möglichst nahe gegenüberstehen. An die seitlichen Lamellen sind mit Hilfe von Klemmschrauben in bekannter Weise die Linien- und Apparatenleitungen angeschlossen und von der mittleren Lamelle führt eine Leitung in die Erde. Die Wirkungsweise des Apparates bedarf keiner näheren Erklärung.

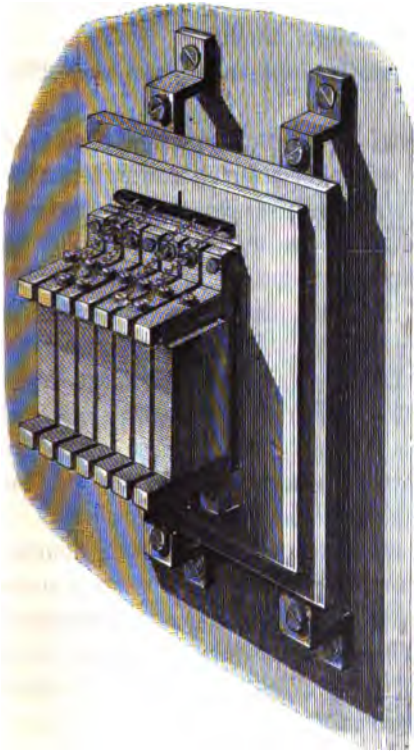
Ganz ähnliche Apparate stehen bei dem Telephonnetze in Triest in Anwendung. Zwei Platten a und b (Fig. 274) sind auf einer isolirenden Grundplatte befestigt und mit ihren gezahnten Rändern einander gegenübergestellt. An die Platte a sind die Linien- und die Apparatenleitung angeschlossen, die Platte b steht mit der Erde in leitender Verbindung. Die Telephonströme können also ungehindert zwischen der Linien- und Apparatenleitung übergehen, indes für den Blitz über die Zähne der Platten a und b ein directer Weg zur Erde offen steht. Dieser Weg wird ihm noch durch folgende Einrichtung erleichtert. Auf der Platte a ist durch eine Schraube eine Feder c aus Neusilber befestigt, welche mit ihrem freien Ende gegen die Platte b drückt, von welcher sie aber durch ein zwischengelegtes Stück Seidenzeug isolirt ist. Gelangt aber eine Blitzentladung durch die Linienleitung auf die Platte a und also auch in die Feder c, so durchschlägt der Blitz das isolirende Seidenzeug und stellt dadurch eine directe metallische Verbindung zwischen der Linienleitung und der Erdleitung her.

Die verschiedenen Blitzableiter haben sich zwar als ausreichend für den Schutz der Apparate erwiesen, üben aber diesen Schutz nicht selten in der Weise aus, daß sie den Telegraphen- oder Telephonbetrieb zeitweilig stören; bei starken Entladungen werden nämlich die Spitzen oder Zähne häufig geschmolzen und das geschmolzene Metall bewirkt dann einen kurzen Schluß, indem es die Linienleitung metallisch mit der Erdplatte verbindet. In größeren Stationen, in welchen ein geschultes Personale zur Verfügung steht, wird dieser Uebelstand allerdings nicht fühlbar werden, weil er rasch behoben werden kann. Dies ist aber nicht mehr der Fall auf kleinen Eisenbahnstationen oder auf Streckenblock- oder Streckensignalposten, wo kein mit den nöthigen Kenntnissen der Apparatenconstructionen ausgerüstetes Personale zur Verwendung kommen kann. Hier ist es wünschenswert, Blitzableiter zu besitzen, welche ohne Betriebsstörungen die Apparate zu schützen vermögen. Die Lösung dieser Aufgabe gelang F. R. Ulbricht durch die Construction seines Kohleblitzableiters.

Die Form, in welcher der Kohleblitzableiter nach seinen Angaben ausgeführt wird, ist in Figur 275 dargestellt. Jede Kohlenplatte, aus feinkörniger, fester Retortenkohle geschnitten und sorgfältig geschliffen, wird durch einen Metallbügel gehalten, welcher von dem an der Wand zu befestigenden metallenen Untergestelle durch eine Hartgummieinlage getrennt ist. Zur einmaligen Justirung des Apparates werden zwischen die gelockerten Kohlenplatten Kartenblätter von etwa 0·25 Millimeter Stärke geschoben, die Platten hierauf zusammengerückt, durch Anziehen der Klemmschrauben festgestellt und nun die Kartenblätter herausgezogen. Die gegenwärtige Lage der Theile bleibt

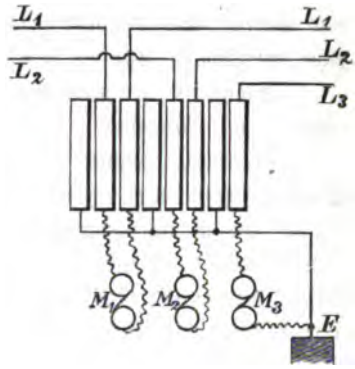
hiernach, im gewöhnlichen Sinne genommen, unveränderlich. Die Anordnung der Platten ist so getroffen, daß auf je eine Erdlamelle zwei zu einem Telegraphenapparate gehörige Leitungslamellen folgen, woran sich wiederum eine Erdlamelle u. s. w. schließt, wie dies die Schaltungsskizze (Fig. 276) zeigt. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, daß jeder Entladungstheil, nicht nur der zur Erde gehende, sondern auch der aus dem einen Leitungszweig

Fig. 275.



Kohle-Blitzableiter.

Fig. 276.



Kohle-Blitzableiter.

in den anderen überschlagende, stets nur einen Luftzwischenraum zu passiren hat. Der ganze Blitzableiter wird durch einen an das Untergestell gut anschließenden Schutzkasten vor Staub geschützt.

Ulbricht hat die Verwendbarkeit seines Blitzableiters auch experimentell geprüft. Zu diesem Behufe wurden zunächst in den Schließungsbogen eines Flaschencondensators von 12 Quadratmeter Oberfläche (vergl. S. 53) der Kohleblitzableiter und eine Funkenstrecke geschaltet; letztere wurde von einem Millimeter bis zu 20 Millimeter gebracht und doch blieben die Kohlen trotz der sehr beträchtlichen Entladungen unverändert; es wurde nur etwas Kohlenstaub ausgetrieben, während ein mit dem Blitzableiter parallel geschaltetes Relais unberührt blieb.

Da das Zusammenschmelzen der Metallspitzen in den Blitzableitern keine Wirkung der hohen Spannung, sondern der Quantität sein muß, erprobte

Ulbricht seinen Kohleblitzableiter auch durch die Ströme einer dynamoelektrischen Maschine. Es wurde durch diese zwischen zwei Metallspitzen eines gewöhnlichen Blitzableiters ein Voltabogen erzeugt, der jedoch kaum eine halbe Secunde dauerte und dann erlosch, weil in dieser Zeit durch das geschmolzene Metall bereits eine metallische Brücke von Spitze zu Spitze hergestellt war, geradeso, wie dies der Blitz häufig bewirkt. Wurde hingegen der Kohleblitzableiter in gleicher Weise dem Versuche unterworfen, so veränderte sich dieser an den betreffenden Stellen fast gar nicht. Erst wenn der Voltabogen etwa eine Minute lang einwirken konnte, traten Auftreibungen der Kohle ein, welche zwei benachbarte Platten mit einander in Contact brachten.

Somit ist der Kohleblitzableiter bedeutend beständiger, als jeder Blitzableiter aus Metallen.

Bei vergleichenden Versuchen zwischen den gebräuchlichen Spitzen- und Plattenblitzableitern einerseits und dem Kohleblitzableiter andererseits, stellte sich in Bezug auf Empfindlichkeit stets eine Ueberlegenheit des Kohleblitzableiters heraus. Letzterer zeigte sich sogar wirksamer als der sehr empfindliche (weiter unten zu besprechende) Spindelblitzableiter, welcher bei den deutschen Fernsprechämtern in Verwendung steht. Auch das Einschieben eines Papierblattes zwischen die Kohlenplatten verminderte die Wirksamkeit des Kohleblitzableiters nur unbedeutend. Ulbricht erklärt die hohe Empfindlichkeit seines Blitzableiters einerseits durch die vielen feinen Spitzen der Kohlenplatten und andererseits dadurch, daß schon durch jene Elektricitätsbewegungen, welche der Funkenbildung vorhergehen, kleine Kohletheilchen abgerissen werden, die von Elektrode zu Elektrode spielend die Bildung des Funkenweges erleichtern.

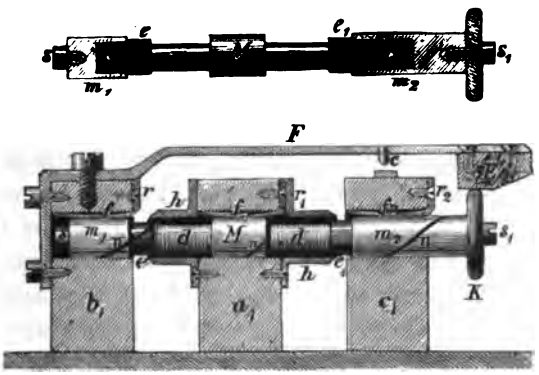
Für die Forderung einer besonderen Sicherheit kann die Wirksamkeit des Kohleblitzableiters noch dadurch erhöht werden, daß man unmittelbar hinter jede Leitungsplatte eine Drahtspirale schaltet. Die Kosten eines Kohleblitzableiters von der bei den sächsischen Staatsbahnen bereits in zahlreichen Exemplaren zur Anwendung gekommenen Form (Fig. 275) betragen bei n Kohlenplatten $2 + n \times 2{\cdot}5$ Mark, also für einen Blitzableiter zu sechs Leitungen 27 Mark.

Der Schutz der Apparate kann sowohl bei den Platten- als auch Spitzenblitzableitern dadurch wesentlich erhöht werden, daß man einen Schmelz- oder Schutzdraht anwendet, d. h. zwischen dem Blitzableiter und den Apparaten einen Draht einschaltet, der seines geringen Leitungsvermögens wegen schon durch einen Strom abgeschmolzen wird, dessen Stärke noch zu gering ist, um den Leitungsdrähten oder Apparaten einen Schaden zuzufügen. Als Material für diese Schutzdrähte kommen Platin, Neusilber, Kupfer, Eisen und auch Messing zur Anwendung.

Bei den französischen Staatsbahnen ist der Abschmelzdraht mit Seide sorgfältig umsponnen und auf einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Metallcylinder aufgewunden. Gelangen bei dieser Einrichtung starke Entladungen atmosphärischer Elektricität in den Abschmelzdraht so dringen diese durch die Seidenumspinnung auf den Metallcylinder und fließen zur Erde ab.

In ähnlicher Weise ist der Abschmelzdraht bei den Spindelblitzableitern angeordnet, welche bei den deutschen Fernsprechstationen in Verwendung stehen. Die Detailconstruction dieses Blitzableiters ist aus Figur 277 zu ersehen, in welcher die Spindel und die Spindel in ihrer Lage zu den übrigen Theilen des Blitzableiters in Längsschnitten dargestellt sind. Die

Fig. 277.



Spindel-Blitzableiter.

Spindel besteht aus einem Messingcylinder M, welcher zu beiden Seiten bei m m etwas abgedreht ist. Das eine Ende desselben ist in das Ebonitstück e eingeschraubt, das andere mit dem Ebonitstücke e_1 durch den Messingcylinder m_2 abgeschlossen. Die Spindel besteht sonach aus den drei von einander isolirten Messingcylindern m_1, M und m_2. Die abgedrehten Theile m m des mittleren Cylinders sind, wie an der eingeschobenen Spindel ersichtlich, mit Drahtwindungen versehen; hierzu wird 0·1 Millimeter dicker Kupferdraht verwendet, der mit Seide sorgfältig übersponnen ist. Die Drahtenden der Spulen sind durch die spiralförmigen Ruthen n isolirt geführt und verbinden dadurch die beiden Spiralen unter einander und ebenso die beiden Messingcylinder m_1 und m_2, indem sie durch Schrauben s s_1 an erstere festgeklemmt sind. Die mittleren Theile der Spindel, soweit sie mit Drahtwindungen d d umhüllt sind, berühren die innere Wand des hohlen Theiles h h des Messing-

stückes a_1 an keiner Stelle; hingegen wird in den Messingstücken b_1, a_1 und c_1, für gute Contacte zwischen diesen und den Messingcylindern m_1, M und m_2 dadurch gesorgt, daß die durch die Schrauben r, r_1, r_2 befestigten und rechtwinkelig in die cylindrischen Bohrungen hineingebogenen Federn f, f_1, f_2 gegen die Spindel drücken. Die Fußplatten von b_1 und a_2 bilden (in der Zeichnung nicht sichtbar) eine Blitzplatte.

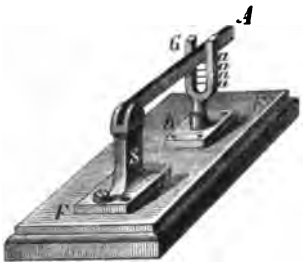
Die Betriebsströme gelangen durch b_1 in den Blitzableiter, von hier in den Messingcylinder m_1, gehen dann durch s n d n d n s_1 in das Messingstück c_1 und zu den Apparaten. Gelangt aber, z. B. infolge eines Gewitters, ein hochgespannter Strom durch die Linienleitung nach b_1, so wird der Hauptantheil, statt die dünnen Drähte d d zu durchfließen, zwischen den Zähnen von b_1 und a_1 überspringen und zur Erde abfließen. Ist der durch d d eindringende Zweigstrom trotzdem noch kräftig, so zerstört er den dünnen Draht der Windungen oder doch wenigstens dessen isolirende Seidenumspinnung und stellt dadurch eine metallische Verbindung mit dem zur Erde abgeleiteten Stücke a_1 her, wodurch er ebenfalls, ohne in die Apparate zu gelangen, zur Erde abfließt.

Ist eine Blitzschutzvorrichtung zerstört worden, so setzt man den Apparat einfach dadurch wieder in Stand, daß man die Spindel aus den Stücken b_1 a_1 c_1 herauszieht und dafür eine neue (Reserve-) Spindel einführt. Damit nun auch während dieser Manipulation die Linie nicht unterbrochen wird, ist an dem Stücke b_1 durch Schrauben eine starke Messingfeder F befestigt, die bei c mit einem Contactstifte und an ihrem freien Ende mit dem schief abgeschnittenen Ebonitstücke E versehen ist. So lange die Spindel sich an ihrem Platze befindet, stemmt sich die Feder F mit ihrem Ebonitklotze E gegen den Kopf K der Spindel, wodurch der Contactstift bei c außer Berührung mit dem Metallstücke c_1 gehalten wird. Zieht man aber die Spindel heraus, so drückt die Feder F den Contactstift nieder, weil nun der Kopf K das Ebonitstück E nicht mehr zurückhält, und verbindet dadurch b_1 direct mit c_1. Wird hierauf die neue Spindel eingeschoben, so wird durch Heben der Feder F der Blitzableiter als solcher wieder hergestellt.

Obwohl sich die Abschmelzdrähte als praktisch und zum Schutze der Apparate nothwendig erwiesen haben, leiden sie doch an dem Uebelstande, daß man beim Ersetzen eines zerstörten Drahtes durch einen neuen entweder die Apparate oder den Blitzableiter aus der Leitung ausschalten muß. Diesem Uebelstande suchte man dadurch zu begegnen, daß man Vorrichtungen erdachte, welche automatisch nach dem Abbrennen eines Drahtes einen neuen Draht einschalten. Solche Vorrichtungen construirten z. B. Pianta, Picco, Paoli, Turati u. A.

Man befestigt die Abschmelzdrähte an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels, eine Feder oder anderweitige Spannvorrichtung an dem anderen Ende

Fig. 278.



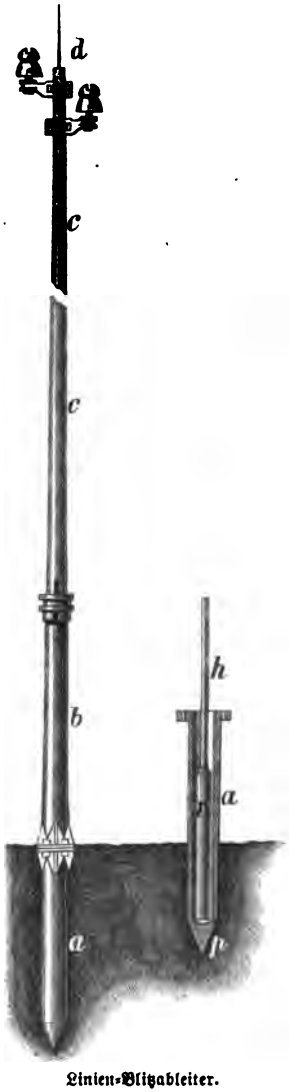
Abschmelzdrähte.

desselben. Brennt der Draht ab, so schlägt der Hebel um und bewirkt dadurch die Einschaltung eines neuen Drahtes in den Apparat.

Einen sehr einfachen derartigen Apparat construirte auch Ad. Bein in Görz. Bei demselben lehnt sich ein ziemlich schwerer, etwas schräg stehender Metallhebel gegen einen kurzen, in einer Art Gabel horizontal gespannten Draht und drückt mit seinem eigenen Gewichte gegen den Draht. Schmilzt dieser, so fällt der Hebel auf einen zweiten unterhalb des ersten ausgespannten Draht. Etwa fünf solcher Reservedrähte dürften für den Verlauf eines Gewitters in allen Fällen ausreichend sein.

Ein ganz ähnlicher Apparat steht bei der österreichischen Südbahn in Verwendung. Auf dem Grundbrette F F (Fig. 278) ist ein Messingständer S befestigt, dessen am oberen Ende befindliches Charnier zur Aufnahme des leicht drehbaren Metallhebelarmes A dient. Die Messinggabel G endet unten stiftförmig und ist bei K in eine Hülse gesteckt, aus der sie leicht wieder herausgezogen und durch eine andere (Reserve-) Gabel ersetzt werden kann. Zwischen den Gabelzinken sind dünne Neusilberdrähte a gespannt; auf dem obersten dieser Drähte ruht der Metallarm A auf und stellt dadurch die Verbindung zwischen der mit dem Ständer S verbundenen Linienleitung und der

Fig. 279.



Linien-Blitzableiter.

an die Gabel G angeschlossenen Apparatenleitung her. Die durch die Linienleitung anlangenden Ströme müssen also durch den Arm A und einen Neusilberdraht a gehen, bevor sie durch die Gabel in die Apparatenleitung gelangen. Eine zu starke Entladung atmosphärischer Elektricität zerstört jedoch bei ihrem Uebergange auf den Neusilberdraht diesen und hebt dadurch die Verbindung der Linien- mit der Apparatenleitung auf. Ist der oberste Draht abgeschmolzen, so fällt dann im nächsten Momente der Arm A vermöge seiner Schwere auf den zweiten Neusilberdraht herab und stellt dadurch wieder die Verbindung der Apparate mit der Linie her; sollten während eines Gewitters sämmtliche Drähte einer Gabel abgeschmolzen werden, so wird eine stets bereit gehaltene Gabel an Stelle der ersten eingesetzt.

Die bisher beschriebenen Blitzableiter dienen alle nur zum Schutze der Apparate innerhalb der Station, beziehungsweise zum Schutze der Station selbst, insoferne es sich um Entladungen atmosphärischer Elektricität handelt, welche durch die Linienleitungen anlangen. Den Linienleitungen selbst gewähren die beschriebenen Blitzableiter keinen Schutz. Zur Erreichung dieses Zweckes müssen besondere Vorrichtungen, die sogenannten Linienblitzableiter zur Anwendung gelangen. Ein solcher besteht im Wesentlichen in einer metallischen Ableitung, welche den Leitungsdrähten möglichst genähert wird, ohne jedoch die Isolation irgendwo aufzuheben. Man befestigt an den Tragstangen eiserne Stangen, welche oben zugespitzt sind und mit ihrer Spitze den Leitungen nahe stehen; für die Ableitung der Elektricität sorgt man durch eine mit der Eisenspitze verbundene zweckentsprechend angelegte Erdleitung.

Linienblitzableiter sind mindestens an allen jenen Orten anzubringen, welche erfahrungsgemäß den Blitzschlägen besonders ausgesetzt sind. Hierbei wählt man, wenn irgend möglich, jene Säulen, bei welchen ständig nasse Erde leicht zu erreichen ist. Die Aufstellung der Linienblitzableiter wird wesentlich vereinfacht, wenn an Stelle der hölzernen, eiserne Gestänge zur Anwendung gelangen. Es ist dies beispielsweise bei den brasilianischen Staatstelegraphen der Fall.

Die hier zur Anwendung gelangenden eisernen Pfosten wurden von Siemens Brothers & Co. in London angefertigt und sind in Figur 279 abgebildet. Sie bestehen aus der gußeisernen Fundamentspitze a, dem gußeisernen Mittelrohre b, dem schmiedeeisernen, konischen Oberrohre c und der schmiedeeisernen Blitzableiterspitze d. Die gußeiserne Fundamentspitze wird, wie in Figur 279 separat dargestellt ist, mittelst eines eisernen Rammers r in den Erdboden eingetrieben, wobei ein oder zwei Arbeiter den Rammer an seinem Handgriffe h auf- und abbewegen. Dadurch, daß die Rammschläge auf die innere Fläche der Spitze p geführt werden, wird eine bedeutend

größere Wirkung ausgeübt, als wenn die Schläge auf die obere Fläche des Rohres ertheilt würden.

Das gußeiserne Mittelrohr b wird sodann mit a zusammengeschraubt; dasselbe läuft oben ein wenig konisch zu, damit sich das untere Ende des schmiedeeisernen, konischen Oberrohres c bequem auf b aufpassen läßt. Dieses Oberrohr hat an seinem unteren Ende zwei sich gegenüber stehende, kurze Schlitze, über welche ein Ring geschoben wird, der zusammen mit dem Oberrohre c fest auf das Mittelrohr b aufgekeilt wird.

Fig. 280.

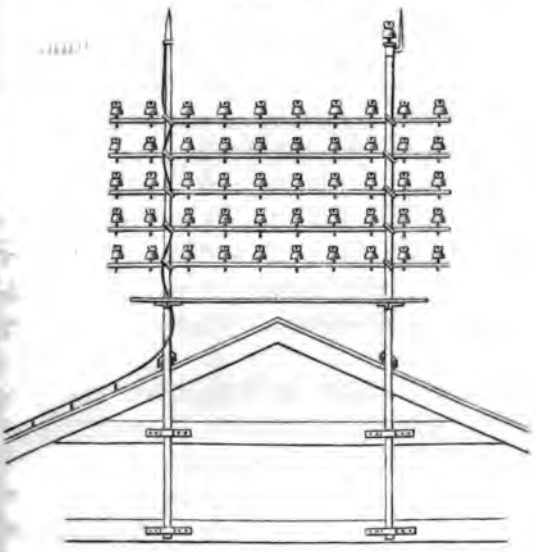
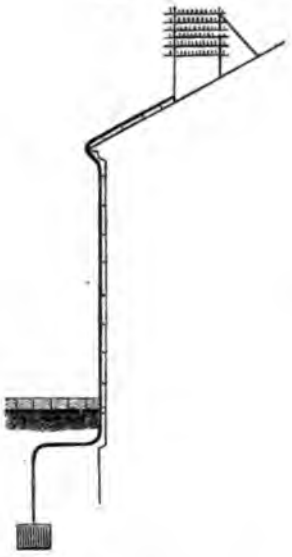


Fig. 281.



Blitzableiter der Triester Telephonanlage

In vielen größeren Städten führt man die gegenwärtig immer zahlreicher werdenden Telephonleitungen auf eisernen Gestängen, die auf den Dächern der Häuser aufgestellt werden. Hierin glaubten nun viele eine Erhöhung der Blitzgefahr für die betreffenden Gebäude gegeben. Das ist aber, wenigstens in der Regel, nicht der Fall. Man mag die Hauptwirksamkeit eines [illegible]ableiters der durch die Spitzenwirkung erzielten geräuschlosen Entladung der sicheren Ableitung des Blitzstrahles zur Erde zuschreiben, die Oberenwirkung, die Theilung des Funkens oder das galvanische Leitungsveren als Hauptsache betrachten, immer hat man es mit einem ausgedehnten, verzweigten, aus gut leitenden und großen Metallmassen gebildeten Netze hun, welches in vielfacher Verbindung mit noch massigeren Rohrleitungen

und der Erde steht. Das ganze System, weit entfernt eine Gefahr zu bilden, stellt vielmehr einen sehr wirksamen, großen Blitzableiter dar.

Auf Dächern befestigte eiserne Telephongestänge könnten nur in dem Falle eine Blitzgefahr bedingen, wenn sie zum Zwecke ihrer Befestigung tief in das Dach hineinreichen und in der Nähe ihrer unteren Enden größere oder zusammenhängende Metallmassen sich befinden, welche eine gute Ableitung zur Erde darstellen. Die hierdurch bewirkte Gefahr ist aber einfach dadurch zu beseitigen, daß man die betreffenden Metallmassen mit dem Gestänge einerseits und der Erde andererseits in leitende Verbindung setzt.

Das Triester Telephonnetz ist an besonders exponirten Punkten mit Blitzschutzvorrichtungen versehen, deren Anordnung aus den Figuren 280 und 281 zu ersehen ist. An diesen Stellen erhielten die Gestänge Ableitungen, welche durch Träger am Gebäude befestigt sind und bis in das Grundwasser reichen. Die Erdleitung besteht aus einem Bleirohrkabel, welches zu der, wo möglich 4 Meter vom Gebäude entfernt, in das Grundwasser versenkten Kupferplatte führt. An Stelle der letzteren ist mitunter auch Retortenkohle zur Anwendung gelangt. Auf langen Linien mit Säulenleitung werden auch einzelne Säulen mit Blitzschutzvorrichtungen versehen. Diese bestehen aus nahe an die Leitung reichenden Kupferspitzen, von welchen in die Säulen eingelassene Kupferdrähte (von 2 Millimeter Durchmesser) zur Kupferplatte oder Retortenkohle im Grundwasser führen.

Einen im Freien aufstellbaren Blitzableiter für Telegraphen- und Telephonleitungen hat auch F. Süß in Klausenburg construirt. Figur 282 zeigt den Längsdurchschnitt. A ist ein aus mehreren mit spitzigen Zähnen versehenen Rädern gebildeter Metallkörper, welcher durch Porzellanringe b b in der Metallhülse B derart isolirt angebracht ist, daß die Spitzen der Räder der sie umgebenden Wand möglichst nahe stehen, jedoch dieselbe nicht berühren können, während die Mutter C zur Befestigung des inneren Körpers in der Metallhülse dient. Die Metallhülse B selbst ist mit einer Schraube versehen; mittelst derselben wird sie an einem starken Eisen F (Fig. 283) befestigt, welches als Träger dient und mit der Erde in leitender Verbindung steht. An dem inneren, mit vielen Spitzen versehenen Metallkörper ist ein Kupferdrahtseil s angelöthet, welches am anderen Ende eine Klemmschraube k trägt, die zur Verbindung mit dem Liniendrahte dient. Der eiserne Arm F geht parallel zu den Linien L L und ist so lang zu wählen, daß beiderseits so viele Blitzableiter Platz haben, als Leitungen an dem Träger S angebracht sind. D, in Figur 282, ist eine Porzellanglocke, welche als Isolator dient.

Eines besonders sorgfältig hergestellten Blitzschutzes bedürfen die unterirdischen Leitungen, falls sie an oberirdische angeschlossen sind, weil einer-

seits die Reparaturen der in die Erde oder in Wasser versenkten Kabel schwierig sind und andererseits wegen der Kostspieligkeit derartiger Leitungen. Die Schutzvorrichtungen hat man vorzugsweise an den Uebergangsstellen der oberirdischen in die unterirdischen Leitungen, also an den Ueberführungssäulen oder Kästen anzubringen.

An der norwegischen Küste, an welcher die Telegraphenleitungen häufig Fiorde und Buchten übersetzen müssen, wechseln demgemäß sehr häufig Kabel-

Fig. 282.

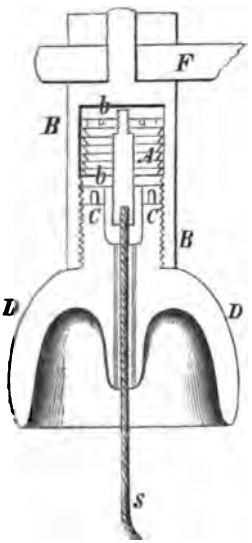
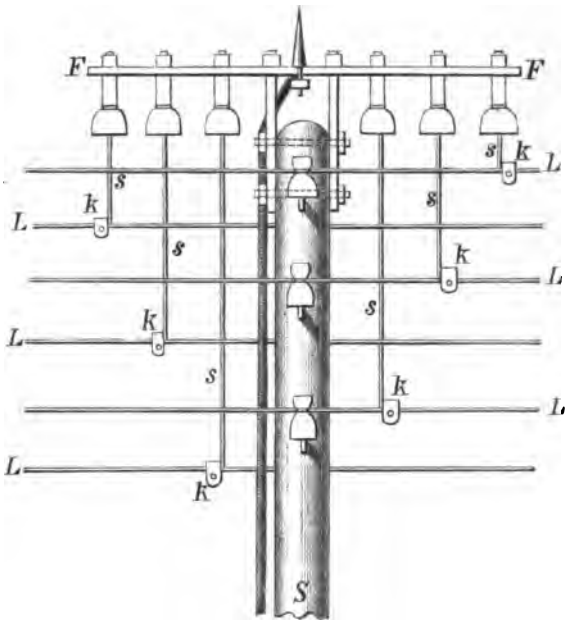


Fig. 283.



Linien-Blitzableiter nach Süß.

leitungen mit oberirdischen Linien. Man hat dort keine eigenen Kabelhäuser gebaut, sondern benützt die in Figur 284 abgebildeten Säulen. Die oberirdische Leitung gelangt von dem Spannisolator J zu der Verbindungssäule S. Bei a tritt eine Verzweigung ein; die eine Leitung führt durch die Blitzschutzvorrichtung B und zu den Schutzdrähten des Kabels, der andere Zweig ist bei K zum Kabel verbunden, das von Haus aus mit dem inwendig von einer Mischung aus Harz und Wachs ausgefüllten Verbindungsisolators V versehen sein kann, der an der Säule befestigt wird. Der Blitzableiter B besteht aus einem massiven und einem hohlen Cylinder mit gerippten, ein-

ander umschließenden Wandungen; der massive Cylinder ist am Isolatorkopf befestigt und mit der Leitung verbunden, während der hohle Cylinder durch den Draht D zur Erde abgeleitet wird. Die Luft im Innenraume zwischen den mit einander verkitteten Cylindern ist verdünnt. Zur Sicherung des Kabels an der Säule dient das Netzwerk N.

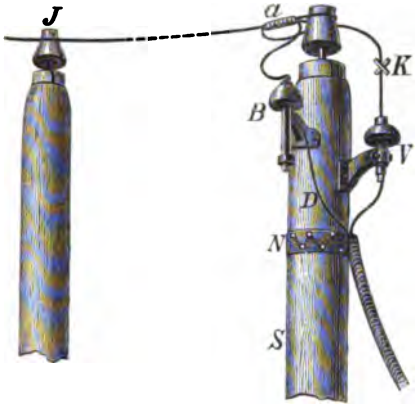
Eine ähnliche zweckmäßige Blitzschutzvorrichtung für Kabel ist in Figur 285 abgebildet. Der eigens construirte Isolator ist an der Abspannstange befestigt. In letztere wird ein mit einer Holzschraube versehener Zapfen Z eingeschraubt, welcher am anderen Ende einen Messingring M besitzt. In diesem sitzt die Doppelglocke G G aus Ebonit; sie wird von einem Messingstabe S durchsetzt, der an einer runden, auf der Oberseite gerieften Metallplatte P P befestigt ist. Letztere und der Messingstab sind von den übrigen Theilen des Isolators durch die Hartgummiglocke isolirt. Der Messingdeckel D ist mittelst Bajonnetverschlusses auf den Ring M aufgesetzt und bildet durch seine concentrisch gerieften Unterseite die Gegenplatte zu P P. Beide Platten stehen sich, durch einen Luftzwischenraum von 1 Millimeter Dicke von einander getrennt, gegenüber. Die untere Platte ist durch einen 2 Millimeter dicken Kupferdraht mit der oberirdischen Leitung in der Weise verbunden, daß ein Ende des Drahtes mit der Luftleitung verlöthet ist, während das andere Ende am unteren Theile des Stabes S seine Befestigung findet. Die obere Platte, der Messingdeckel, steht mit der Erdleitung in Verbindung. Zu diesem Zwecke trägt der Zapfen Z bei V eine Verstärkung, an welcher die auf der Stange heraufgeführte Erdleitung befestigt ist. Gummiringe zwischen der inneren und äußeren Ebonitglocke und am unteren Ansatze des Messingstabes S eingelegt, verhindern das Eintreten von Feuchtigkeit.

Gelangen also Ströme atmosphärischer Elektricität in die Luftleitung, so gehen sie durch den Kupferdraht in die Messingstange S und die mit ihr verbundene Platte $P P_1$ überspringen den Luftzwischenraum, gehen durch den Messingdeckel und den Ring M zum Ansatze V des Zapfens Z und fließen von hier zur Erde ab; das an die Luftleitung sich anschließende Kabel bleibt unberührt. Ist die Kabelleitung beiderseits an Luftleitungen angeschlossen, so hat man natürlich an jeder Ueberführungsstelle eine derartige Blitzplatte anzubringen.

Besondere Sorgfalt ist hierbei der Erdleitung zuzuwenden, da sonst der Blitzableiter wertlos ist. Es soll hierzu, nach Zacharias, in das Stangenloch, wenn dieses feucht genug ist, sonst aber in ein eigens zu grabendes Loch, verzinkter, 4 bis 5 Millimeter starker Eisendraht (in einem engen Ringe von beiläufig 150 Meter Drahtlänge) versenkt werden. Die beiden Enden läßt man zusammengedreht und längs der ganzen Stange mit kleinen Klammern

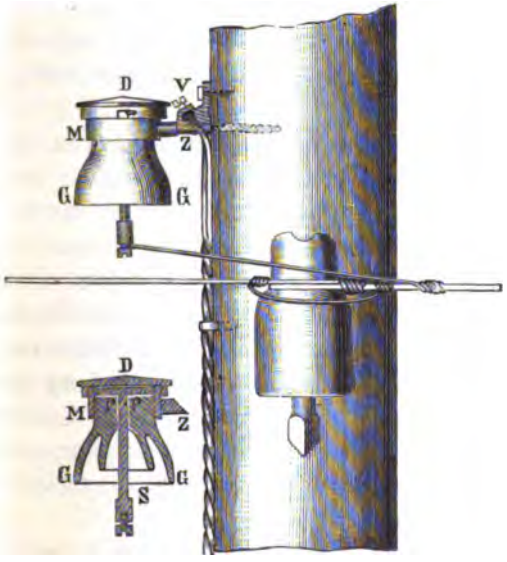
befestigt, bis zum Blitzableiter hinaufreichen, wo man sie durch die Schraube V festklemmt. Sind mehrere Blitzableiter auf einer Stange zu befestigen, so

Fig. 284.



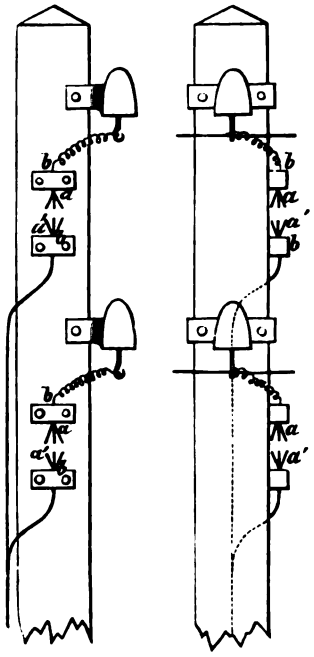
Linien-Blitzableiter für Kabel-Anschlüsse.

Fig. 285.



Linien-Blitzableiter für Kabel-Anschlüsse.

Fig. 286. Fig. 287.



Linien-Blitzableiter mit vielfachen Spitzen.

erhält jeder eine eigene Erdleitung; diese Erdleitungen sind aber unter einander zu verbinden.

In den Figuren 286 und 287 ist endlich ein Linienblitzableiter dargestellt, welchen Sacré unter Anwendung mehrfacher Spitzen oder Spitzenbüschel construirt hat. In diesen Figuren ist eine Telegraphensäule mit zwei Leitungen angenommen. Die Spitzenbüschel a a' bestehen aus unoxydirbarem Metall und werden in ihrer gegenseitigen Lage zu einander durch die isolirenden

Träger b erhalten. Während an die Büschel a' die Erdleitung angeschlossen ist, stehen die Büschel a durch Spiralen mit den Linienleitungen in Verbindung; diese Verbindung wurde deshalb durch Spiralen hergestellt, damit sie den Bewegungen der Linienleitung (Ausdehnung und Zusammenziehung) folgen kann. Dieser Blitzableiter soll ebenso wie für Telegraphen- oder Telephonleitungen auch für Leitungen der Ströme dynamo-elektrischer Maschinen Verwendung finden können.

Da gegenwärtig die Anwendung kräftiger Maschinenströme in steter Zunahme begriffen ist, wollen wir endlich auch noch den hierbei zur Anwendung gelangenden Blitzschutzvorrichtungen einige Zeilen widmen; daß Leitungen für solche Ströme derselben ebenso bedürfen wie die Telegraphen- oder Telephonleitungen, ist wohl selbstverständlich, daß aber die Schutzvorrichtungen für erstere nicht genau dieselben sein können wie für die letzteren, wird uns aus nachstehender Betrachtung klar werden.

Stellt D, Figur 288, eine dynamo-elektrische Maschine, S deren außerhalb des Maschinenhauses im Freien verlaufenden Stromkreis dar, so könnte die Blitzschutzvorrichtung in der Weise angeordnet werden, daß man bei B und B_1 am Hin- und Rückleitungsdrahte geeignete Blitzplatten anbringt, welche mit Erdleitungen $E E_1$ versehen sind. Findet nun eine Entladung atmosphärischer Elektricität statt, so gelangt diese nach B oder B_1 oder an beide Punkte und fließt direct zur Erde ab, ohne die Maschine oder sonstige Apparate zu gefährden.

Der Blitzschutz wäre somit in ganz einfacher Weise erreicht, wenn wir hier nicht auch noch mit den gegenüber den Strömen bei Telegraphen- oder Telephonbetrieb an Stärke weitaus überlegenen Maschinenströmen zu rechnen hätten. Sobald nämlich der Blitz in Funkenform zwischen den Platten des Blitzableiters auftritt, stellt er auch für die kräftigen Maschinenströme einen kurzen Schluß her, welche dann in Form von Voltabögen den Luftzwischenraum zwischen den Blitzableitern überbrücken werden. Falls die Maschine eine Serienmaschine ist, wäre sie nun allerdings gegen die directe Wirkung des Blitzes geschützt, würde sich aber durch die eigenen Ströme zerstören. Diesem Uebelstande muß man durch rasches Ausblasen der Voltabogen begegnen, was in verschiedener Weise erfolgen kann. Elihu Thomson bewirkt dieses Geschäft z. B. durch die ablenkende Kraft eines Elektromagnetes.

Thomson's Blitzableiter für dynamo-elektrische Maschinen erhielt sonach die in Figur 289 abgebildete Gestalt. Zwei gekrümmte Messer L und E sind mit der Linienleitung l, beziehungsweise Erdleitung e verbunden. Zwischen die Linienleitung l und die von der Maschine kommende Leitung m ist ein Elektromagnet geschaltet, dessen flache Pole zu beiden Seiten der, an ihrem unteren

Fig. 288.

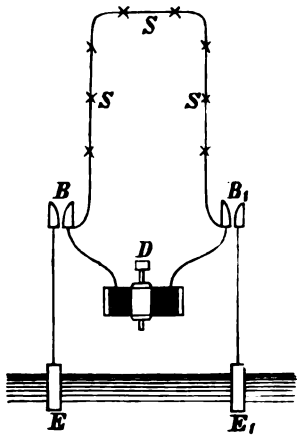
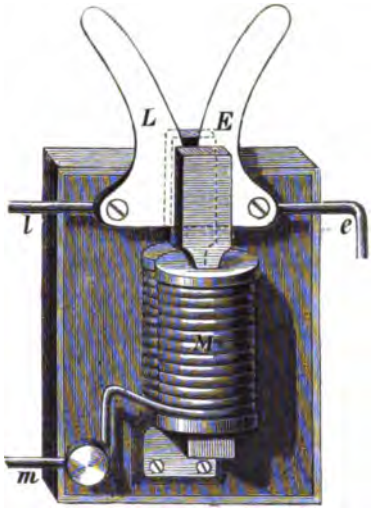


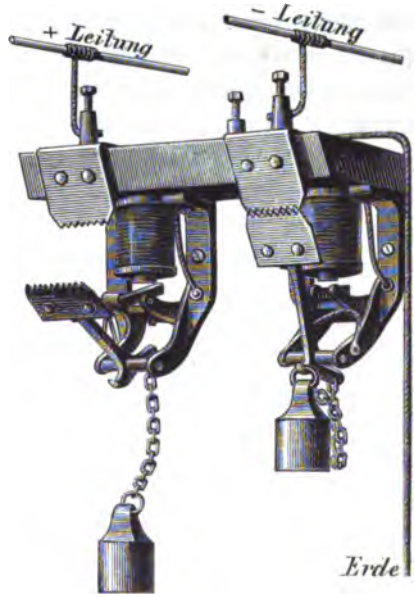
Fig. 289.



Blitzableiter bei Leitungen für Maſchinenſtröme.

Ende ſich auf einen Millimeter Entfernung gegenüber ſtehenden Meſſer emporragen. Der Magnet behält alſo ſo lange ſeine Wirkſamkeit, als die Maſchine im Betriebe ſteht. Wird nun infolge einer Entladung atmoſphäriſcher Elektricität zwiſchen L und E ein Voltabogen gebildet, ſo wird dieſer durch die magnetiſche Kraft der beiden Pole zurückgedrängt und muß wegen der Krümmung der Meſſer immer wachſende Luftzwiſchenräume überbrücken; das Wachſen des Bogens wird aber bald in der beſtimmten Stromſtärke der Maſchine eine Grenze finden, d. h. der Bogen muß erlöſchen.

Fig. 290.



Blitzableiter bei Leitungen für Maſchinenſtröme

Die Electrical Supply Co. bedient ſich einer Blitzableiterconſtruction, die ſich auch ſchon bei längerer Anwendung als praktiſch erprobt hat; auch bei dieſer wird, wenngleich in anderer Weiſe, die Bildung eines Voltabogens durch einen Magnet verhindert. Dieſer Blitzableiter iſt in Figur 290 dar-

gestellt und läßt die Art seiner Wirkung leicht erkennen. Gelangt eine Entladung atmosphärischer Elektricität in die Stromleitung der dynamo-elektrischen Maschine, so springt er zwischen den gezahnten Platten über und gelangt durch den Arm, welcher die untere Zahnplatte trägt, in das rahmenförmige Gestelle; an dieses ist das eine Ende der Drahtwindungen des Elektromagnetes angeschlossen, während das andere Ende mit der Erdleitung in Verbindung steht: die atmosphärische Elektricität fließt also vom Rahmen durch die Drahtwindungen des Elektromagnetes zur Erde ab. So lange die atmosphärischen Entladungen eine bestimmte Stärke nicht überschreiten, wird es hierbei sein Bewenden haben, und der Apparat beharrt in seiner normalen Stellung (rechte Seite der Figur). Gelangt aber eine kräftige atmosphärische Entladung in die Leitung und daher auch in die Drahtwindungen des Elektromagnetes, so erlangt dieser hinlängliche Kraft, um seinen Anker anzuziehen und dadurch die untere Zahnplatte so zu drehen, daß sie sich von der oberen Platte entfernt, wie dies auf der linken Seite der Figur 290 zu sehen ist. Man bemerkt aber auch, daß durch diese Drehung der unteren Zahnplatte ein Abgleiten des Gewichtes von seinem Haken veranlaßt wird und daß dieses vermöge seiner Aufhängung an einem Winkelarm der unteren Platte durch seinen Fall eben diese Platte sofort wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückführen muß. Die Platten sind daher sofort wieder in der Lage, eine neuerliche atmosphärische Entladung abzuleiten, und man hat nichts zu thun, als das Gewicht wieder auf seinen Haken zu hängen.

IV.

Prüfung der Blitzableiter.

Aus den vorhergehenden Abschnitten ist zu ersehen, daß die sachgemäße Anlage eines Blitzableiters ein sehr eingehendes Studium der verschiedenartigsten Umstände und Verhältnisse erfordert und daß nur durch eine gewissenhafte Durchführung einer Anlage der erstrebte Zweck erreicht werden kann. Wir wissen nunmehr auch, daß eine Blitzableiteranlage immer nur an Ort und Stelle, mit eingehender Berücksichtigung des speciellen zu schützenden Objectes und der speciellen örtlichen Verhältnisse zu entwerfen und auszuführen ist, daß eine für bestimmte Verhältnisse vollkommen ihrem Zwecke entsprechende Anlage unbrauchbar oder sogar gefährlich werden kann, wenn jene Verhältnisse, für welche sie geschaffen wurde, andere werden. Dieser Fall kann aber in mannigfacher Weise eintreten, sei es durch bauliche Veränderungen im betreffenden Gebäude selbst oder in dessen nächster Umgebung, sei es z. B. durch Herstellung oder Verschüttung von Brunnen, durch neue Kanalisirungen, Entwässerungs- oder Bewässerungsanlagen, Einführung von Gas- oder Wasserleitungen u. s. w. Diese und zahlreiche andere Veränderungen können also eine ursprünglich tadellose Blitzableiteranlage ganz wertlos machen oder doch wenigstens ihre Verläßlichkeit sehr herabsetzen.

Die Blitzableiteranlagen sind aber auch in den meisten Fällen der Einwirkung von Wind und Wetter in vollem Maße ausgesetzt. Es ist daher auch bei dem besten Material und bei der sorgfältigsten Arbeit nicht zu verhindern, daß das Materiale mehr oder weniger zerstört, Verbindungen gelockert werden, daß dann überhaupt die Gesammtanlage nicht mehr den an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen imstande ist.

Macht man also selbst die sehr kühne, durchaus ungerechtfertigte Annahme, daß jeder Blitzableiter ursprünglich vollkommen entsprechend hergestellt wurde, so ergibt sich selbst für diese Fälle die Nothwendigkeit einer von Zeit zu Zeit vorzunehmenden Prüfung, wenn man sicher sein will, daß der auf dem Hause angebrachte Apparat wirklich als Schutzapparat wirken kann. Eisenlohr, C. Kuhn, Holtz, Weber u. A. haben auch wiederholt auf die Nothwendigkeit solcher Untersuchungen hingewiesen und gezeigt, daß selbe von allgemeinem Interesse sind und daß sie besonders zum Nutzen der Versicherungsgesellschaften wären; es wurde vorgeschlagen, die Blitzableiter ebenso einer behördlichen Controle durch sachverständige Organe zu unterstellen, wie dies gegenwärtig mit Feuerungsanlagen, Dampfkesseln 2c. der Fall ist. Es muß leider constatirt werden, daß diese wiederholten Anregungen wenig Erfolg gehabt haben und es tritt nur zu häufig der Fall ein, daß Blitzschäden an Objecten zu verzeichnen sind, welche mit »sogenannten« Blitzableitern versehen waren. Solche Fälle, von dem größeren Theile des Publicums nicht auf die thatsächlichen Ursachen zurückgeführt, hindern überdies noch die Weiterverbreitung der so wertvollen Erfindung Franklin's.

Die Beantwortung der Frage, in welcher Weise derartige Prüfungen der Blitzableiteranlagen stattzufinden hätten, finden wir in den vorhergehenden Abschnitten, in welchen bezüglich des Materials, der Herstellung und Verbindung der einzelnen Theile unter einander, der Disponirung und Herstellung der Anlage 2c. das Nöthige mitgetheilt wurde. Diese Angaben über die Neuherstellung eines Blitzableiters müssen natürlich auch als Basis für die Beurtheilung alter Anlagen gelten. Hieraus ist auch zu ersehen, worauf das Hauptaugenmerk bei den Prüfungen zu lenken ist.

Zur Prüfung auf die metallische Continuität des Blitzableiters von seiner Spitze bis zur Erdplatte und in allen Nebenleitungen wird gegenwärtig auf Vorschlag Wagner's häufig die Methode mit Hilfe des galvanischen Stromes und eines Galvanometers anempfohlen. Schaltet man nämlich in den Stromkreis eines galvanischen Elementes den Blitzableiter ein und gibt ein gleichfalls in diesen Stromkreis geschaltetes Galvanometer einen Ausschlag, sobald der Stromkreis geschlossen wird, so muß der ganze Stromkreis und folglich auch der Blitzableiter metallische Continuität besitzen. Erhält man hierbei keinen Ausschlag, so ist der Stromkreis an irgend einer Stelle unterbrochen. Ob diese Unterbrechung der metallischen Continuität des Blitzableiters aber von einer dünnen Oxydschichte oder von einem Risse von kaum meßbarer Größe herrührt, oder ob die Leitung vielleicht auf mehrere Meter Länge unterbrochen ist, darüber gibt die galvanometrische Methode keinen Aufschluß. Es ist nach dem Vorhergehenden leicht einzusehen, daß die erst-

genannten Ursachen der Unterbrechung zwar allerdings zu beseitigende, aber doch nur unbedeutende Mängel eines Blitzableiters sind, während die letztgenannte Ursache den Blitzableiter nicht nur unbrauchbar, sondern sogar zu einem gefährlichen Apparate macht. Andererseits wird das Galvanometer auch dann einen Ausschlag geben, wenn die Leitung sogar an sehr vielen Stellen nahezu abgerissen ist; für den schwachen galvanischen Strom reicht auch der geringe Querschnitt an den betreffenden Stellen aus, wenn nur die metallische Continuität nicht ganz aufgehoben ist. Die galvanometrische Prüfung würde also im letzterwähnten Falle ein günstiges, bei einem kleinen, schwer zu entdeckenden Haarrisse in der Leitung aber ein ungünstiges Resultat ergeben und doch würde der wahre Wert der beiden Blitzableiter gerade ganz umgekehrt zu bemessen sein: Der Blitzableiter mit dem feinen Risse wird unter sonst gleichen Umständen seinen Zweck vollständig erfüllen (womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß man diesen Fehler zu belassen hat), der mit zahlreichen Defecten aber vollkommen metallischer Continuität ist hingegen ganz unbrauchbar und sogar gefährlich.

Die galvanometrische Methode wird auch zur Prüfung der Erdleitung verwendet, indem man durch sie die Größe des Uebergangswiderstandes von der Platte zur Erde bestimmt. Doch sind auch hier keine zur Beurtheilung der Erdleitung ausreichende Resultate zu erzielen. Ergibt sich ein zu großer Uebergangswiderstand, so kann dieser durch sehr verschiedene Ursachen, welche durch die galvanometrische Untersuchung allein nicht erkannt werden können, bewirkt sein. Solche Ursachen können z. B. sein: eine ungenügende Größe der Platte, zu wenig tiefe Einsenkung in die Erde, also mangelhafte Berührung mit dem Grundwasser, ein mangelhafter Zustand der die Erdplatte mit der oberirdischen Leitung verbindenden unterirdischen Leitung, mangelhafte Verbindung der letzteren mit der Platte u. s. w.

Hieraus ist wohl zur Genüge ersichtlich, daß die galvanometrische Methode allein nicht einmal zur Beurtheilung der Leitungsfähigkeit des Blitzableiters ausreicht, geschweige denn zur Beurtheilung darüber, inwieweit der Blitzableiter in Bezug auf die anderen, wie wir gesehen haben, höchst wichtigen Anforderungen genügt. Man erhält keine Auskunft darüber, ob z. B. die Spitze scharf ist, ob die Leitung richtig dimensionirt, angeordnet und verlegt ist, ob für die Erdleitung die richtige Stelle gewählt wurde, ob allen übrigen localen Verhältnissen des Gebäudes und seiner Umgebung genügend Rechnung getragen wurde u. s. w. u. s. w.

Trotz alledem ist die galvanometrische Methode doch durchaus nicht ganz zu verwerfen, denn zusammengehalten mit anderweitigen Untersuchungen, Beobachtungen, Erkundigungen u. s. w. kann sie ganz gute Dienste leisten

und die Beurtheilung einer Anlage wesentlich erleichtern. Vorstehende Bemerkungen über die galvanometrische Methode haben nur den Zweck, vor einer Ueberschätzung ihres Wertes, der man gegenwärtig häufig begegnet, zu warnen.

In welcher Weise die rationelle Prüfung eines Blitzableiters vorzunehmen ist, ergibt sich, mit Ausnahme in Bezug auf die galvanometrische Methode, wie bereits erwähnt, aus den Angaben über die Herstellung von Blitzableitern in den vorhergehenden Abschnitten, so daß uns also nur mehr erübrigt, der galvanometrischen Methode, beziehungsweise den hierbei benützten Apparaten, einige Worte zu widmen. Zur Ausführung dieser Untersuchungen bedarf man einer, womöglich constanten Elektricitätsquelle (galvanisches Element oder Maschine), eines einfachen Galvanometers, eines Rheostaten und Leitungsdrähte in verschiedenen Längen; hierzu mögen etwa noch Metallplatten kommen, welche zur Herstellung einer Hilfserdleitung Verwendung finden. Da sämmtliche Gegenstände häufig zu transportiren sind, ist bei ihrer Anfertigung und der Zusammenstellung des ganzen Untersuchungsapparates auch darauf Rücksicht zu nehmen. Derartige mehr oder minder zweckmäßige Prüfungsapparate wurden von verschiedenen Fabrikanten zusammengestellt, so z. B. von Keiser & Schmidt in Berlin, Gebrüder Siemens, Czeija & Nißl in Wien, W. Fein in Stuttgart (Pöge), Weinhold, Rippold, Mix und Genest u. s. w.

Das von Keiser & Schmidt construirte Galvanometer ist in den Figuren 291 und 292 in perspectivischer Ansicht und schematisch dargestellt. Es besteht aus einer längeren Magnetnadel, welche mittelst Hütchen auf einer Spitze leicht beweglich schwebt und von zwei Stromkreisen umgeben ist; den einen bildet ein Kupferblechstreifen, den anderen ein längerer Kupferdraht. Diese Stromkreise stehen mit einem Vergleichswiderstande U, mit zwei Stöpselumschaltern M R E und G W L und den Klemmschrauben K Z B_1 und B_2 in Verbindung. Der ganze Apparat ist behufs Horizontalstellung mit Stellschrauben versehen.

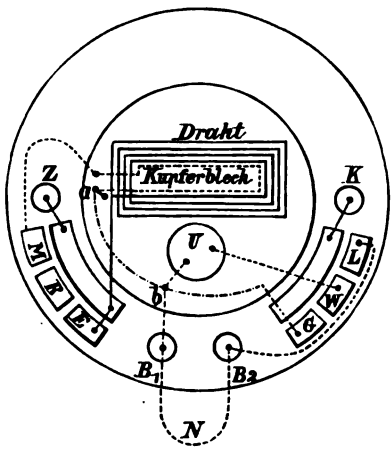
Der Widerstand der oberirdischen Leitung eines Blitzableiters (von dessen Spitze bis zur Erdoberfläche) soll unter 1 S. E. bleiben. Die Untersuchung, ob diese Anforderung erfüllt ist, wird in folgender Weise ausgeführt. Man befestigt einen Kupferdraht von hinreichender Länge einerseits an einer blanken Stelle der Fangspitze, andererseits in der Klemme B_1 des Galvanometers; ein zweiter Draht wird an jener Stelle, an welcher die Blitzleitung in die Erde eintritt, mit dieser Leitung metallisch verbunden und in der Klemme B_2 befestigt. Die Poldrähte der Stromquelle, z. B. eines galvanischen Elementes mit geringem Widerstande, verbindet man mit den Klemmschrauben K und

Z. Stöpſelt man hierauf die Metallſtücke L und M der Umſchalter, ſo iſt folgender Stromkreis geſchloſſen: Vom Zinkpole des Elementes aus über Z, M, die Kupferblechwindung nach a, b, B_1, durch die Blitzableiterleitung N nach B_2, L K und zum Kupferpole des Elementes zurück. Iſt an keiner Stelle der Blitzableiterleitung die metalliſche Continuität unterbrochen, ſo ſchlägt die Galvanometernadel unter einem gewiſſen Winkel aus, den man zu notiren hat.

Hierauf entfernt man den Stöpſel aus L und ſetzt ihn dafür bei W ein; der Stöpſel in M bleibt an ſeiner Stelle. Jetzt nimmt der Strom folgenden Weg: Von Z über M, das Kupferblech a und b durch den Vergleichswiderſtand U nach W und von hier über K zur Stromquelle zurück.

Fig. 291.

Fig. 292.



Galvanometer zur Prüfung von Blitzableitern.

Zeigt nun die Magnetnadel denſelben Ausſchlag wie früher, ſo iſt der Leitungswiderſtand der Blitzableiterleitung gleich 1 S. E., zeigt ſie einen geringeren Ausſchlag, ſo iſt er größer, und zeigt ſie einen größeren Ausſchlag, ſo iſt er kleiner als 1 S. E.

Zur Prüfung des Uebergangswiderſtandes in der Erdleitung ſetzt man an Stelle jener Leitung, welche früher die Blitzableiterſpitze mit dem Galvanometer verband, nunmehr eine Hilfserdleitung, indem man eine Metallplatte in einen Fluß oder Brunnen verſenkt oder einen Erdbohrer bis in das Grundwaſſer eintreibt und dann dieſen oder die Platte durch einen Kupferdraht mit der Klemme B_1 verbindet. Mit B_2 wird die vorher angegebene Verbindung belaſſen. Stöpſelt man hierauf E und L, ſo nimmt der Strom folgenden Lauf: Von der Klemme Z über E durch die Drahtwindungen nach

a, b und B_1, von hier in die Hilfserdleitung N, durch die Erde zur Erdplatte des Blitzableiters und deſſen Erdleitung nach L und zur Polklemme K. Zeigt hierbei die Magnetnadel des Galvanometers von Keiſer & Schmidt einen Ausſchlag von 20 bis 30 Grad, ſo ſoll die Erdleitung des Blitzableiters (nach vielfachen praktiſchen Erfahrungen) entſprechend ſein; ein geringerer Ausſchlag zeigt eine ſchlechte Erdleitung an und gar kein Ausſchlag den Mangel einer ſolchen.

Controlverſuche zur Beſtimmung der Stromſtärke des Elementes, beziehungsweiſe des magnetiſchen Zuſtandes der Nadel ſind dadurch ermöglicht, daß man bei Entfernung der zum Blitzableiter führenden Leitungen G ſtöpſelt und gleichzeitig M oder E. In beiden Fällen iſt dann das Galvanometer kurz geſchloſſen und zwar bei der Stöpſelung in E mit Einſchaltung der Drahtwindungen und bei Stöpſelung von M mit Einſchaltung des Kupferbleches.

Es mag ſchließlich, ohne hierauf näher eingehen zu können, noch bemerkt werden, daß ſich zur Meſſung des Uebergangswiderſtandes der Erdleitungen beſonders die von Kohlrauſch angegebene Meſſungsmethode unter Zuhilfenahme des Telephons eignet, da hierbei die an den Erdplatten zuweilen ſehr merkbare Polariſation nicht ſtört. Blitzableiter-Unterſuchungsapparate, welche auf Grund dieſer Methode zu meſſen geſtatten, wurden z. B. von Weinhold und von Nippold conſtruirt.

Achte Abtheilung.

Erdmagnetismus und Erdstrom.

I.

Geschichte des Erdmagnetismus.

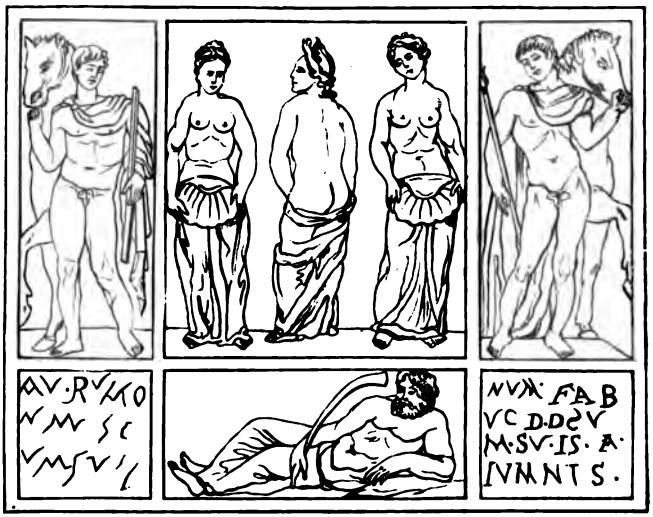
In der zweiten Abtheilung (S. 115) des vorliegenden Werkes wurde nachgewiesen, daß die Alten jenes tiefe Wissen, welches ihnen von verschiedenen Gelehrten in Bezug auf elektrische Erscheinungen und Apparate zugeschrieben wurde, thatsächlich nicht besessen haben, daß vielmehr ihre diesbezüglichen Kenntnisse sehr beschränkt waren. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Wissen der Alten, soweit sich dieses auf den Magnetismus und speciell auf den Erdmagnetismus bezieht. Schweigger glaubte nämlich, es sei in nachstehenden Stellen aus Plutarch's moralischen Schriften »unter dieser dunklen, mystischen Sprache die Grundidee versteckt von einer großartigen Wirksamkeit des Magnetismus zur Hervorbringung selbst in kosmischer Beziehung bedeutsamer Bewegungskräfte«. Die betreffenden Stellen lauten:

»In den angeblichen Büchern des Hermes (Mercur) soll über die heiligen Namen bemerkt sein, daß die über den Umlauf der Sonne gesetzte Kraft Horus bei den Griechen aber Apollo heiße.« ... »Die Isis benennen die Aegypter oftmals mit dem Namen der Minerva, welcher wie jener eine freie Bewegung bedeutet. Typhon aber heißt Seth, Bebon und Smy; lauter Namen, womit eine gewaltsame und hemmende Abhaltung, ein sich Entgegensetzen oder eine Verkehrung bezeichnet werden soll. Der Magnet heißt, wie Manetho erzählt, des Horus Knochen, das Eisen des Typhon Knochen. Denn wie das Eisen manchmal aussieht, wie etwas, das von einem Steine sich fortziehen läßt und ihm folgt, manchmal aber sich von ihm wegwendet und die entgegengesetzte Richtung einschlägt, so sucht auch die heilbringende, gute und vernünftige Bewegung der Welt jene rauhere und

typhonische Kraft, wie durch gute Worte an sich zu ziehen und weicher zu machen; dann aber kehrt sie wieder in sich selbst zurück und versinkt in die Unendlichkeit.«

Ein anderes Beispiel: Figur 293 zeigt eine durch Millin's mythologische Gallerie aus dem Museum Borgia zu Velletri bekannt gemachte Votivtafel. Es befinden sich darauf drei halbnackte Nymphen mit den Dioskuren zu ihren Seiten und unterhalb ein Flußgott mit einem Ruder; die Inschriften bedeuten: Aurelius Monnus mit den Seinen und Numerius Fabius mit seinen Zög-

Fig. 293.



Votiv-Tafel.

lingen. Schweigger behauptet, die liegende Figur stelle keineswegs einen Flußgott, sondern den Hercules vor, der mit dem Zeigefinger der rechten Hand nach abwärts, in die Tiefe weise. Die Deutung des ganzen Bildes sei diese: Die Nymphen zeigen die entgegengesetzte, drehende Bewegung des Wassers mit der Indifferenzzone in der Mitte, auf welches die beiden entgegengesetzten Elektricitäten (Dioskuren) von beiden Seiten und der Erdmagnetismus (die herculische Kraft) von unten einwirkt. Das Fehlen der Sterne auf den Häuptern der Dioskuren scheine auf ein Phänomen hinzudeuten, bei welchem durchaus keine starke, Funken gebende Elektricität vorausgesetzt wird. Es sei somit an eine durch das Zusammenwirken von Elektricität und Magnetismus hervorgerufene Bewegung einer Flüssigkeit zu denken, »wie eine solche auf eine großartige Weise im Meere bei sogenannten Wasserhosen vorzukommen

ſcheine.« Die Votivtafel wurde alſo geſtiftet zur dankbaren Erinnerung für die Errettung aus einer durch Waſſerhoſen drohenden Gefahr.

Wir verzichten darauf, an dieſer Stelle*) auch noch die experimentelle Bedeutung darzulegen, welche nach Schweigger's Meinung dieſer Votivtafel zukommen ſoll, bemerken aber Folgendes: Es unterliegt allerdings keinem Zweifel, daß man ſich unter vielen mythologiſchen Geſtalten und Symbolen perſonificirte Naturkräfte vorzuſtellen hat. Es iſt jedoch ein gewagtes Unternehmen, vom Standpunkte der gegenwärtig im Vergleiche zum Alterthume ſo hoch entwickelten Naturwiſſenſchaften aus die Mythologie eines Volkes erklären zu wollen, welches in Bezug auf dieſe Wiſſenſchaft, nie über die primitivſten Anfänge hinausgekommen iſt. Sobald dieſer Weg eingeſchlagen wird, kann in mythologiſche Symbole ſelbſt mit mäßiger Phantaſie und geringem Aufwande von Scharfſinn alles Beliebige hineingedeutet werden.

Verlaſſen wir das Gebiet der Sage und ihrer willkürlichen Deutung und wenden wir uns der ſtreng wiſſenſchaftlich ſichergeſtellten Entwicklung zu, welche die Lehre vom Erdmagnetismus im Laufe der Zeiten nahm, ſo könnten wir vom Alterthume ſofort auf das XVII. Jahrhundert, auf Gilbert's Arbeiten und Forſchungen, übergehen, wenn nicht die Erfindung der Buſſole**) in viel ältere Zeiten verlegt werden müßte, als die Erkenntniß der Urſache, welche der Nadel die Richtung gibt, d. h. alſo als die Entdeckung des Erdmagnetismus. Der Erfindung der Buſſole ſollen alſo zunächſt einige Zeilen gewidmet ſein.

Man hat die Erfindung der Buſſole vielfach in das Mittelalter verlegt, bis endlich Klaproth's ſorgfältigen Forſchungen der Nachweis gelang, daß dieſe Erfindung einer viel früheren Zeit angehört. Nach Klaproth's Unterſuchungen kann als vollkommen ſicher angenommen werden, daß der Compaß eine Erfindung der Chineſen iſt oder doch in China ſeit uralter Zeit und bedeutend früher als in jedem anderen Lande in Verwendung ſtand. In einem Werke »Betrachtungen über alte und neue Dinge« von Thsui-pao, der im IV. Jahrhunderte unſerer Zeitrechnung lebte, wird der Herrſcher Hoang-ti als Erfinder eines Wagens genannt, der mit einem die Südrichtung anzeigenden Inſtrumente ausgerüſtet war. Als Zeitpunkt dieſer Erfindung wird das Jahr 2634 vor unſerer Zeitrechnung angegeben.

In einem anderen Werke, in den hiſtoriſchen Memoiren, welche Szu ma thsi-an in der erſten Hälfte des II. Jahrhunderts v. Chr. ſchrieb, wird

*) Ausführlich in: Urbanitzky, Elektricität und Magnetismus im Alterthume; Wien, Hartleben, 1887.

**) Bouſſole iſt falſch, da der Name nach Klaproth von einem arabiſchen Worte abgeleitet iſt, welches Mo-ussala (Pfeil) ausgeſprochen wird.

jedoch die Erfindung des magnetiſchen Wagens in das Jahr 1110 v. Chr. verlegt. Die älteſte Mittheilung über den magnetiſchen Wagen ſcheint nach Biot in dem Werke des Philoſophen Han-feï-tsö, der im IV. Jahrhunderte v. Chr. lebte, zu finden zu ſein; er wird citirt in der Encyklopädie Ju-haï, worin es heißt: »Die alten Herrſcher errichteten Südanzeiger (Sse-nan), um Oſten und Weſten zu unterſcheiden« und der Commentator des genannten Philoſophen fügt bei: »Sse-nan iſt der Wagen, um den Süden anzuzeigen,

Fig. 294.

Chineſiſcher Südenzeiger.

Fig. 295.

Magnetiſcher Wagen in Japan.

Tschi-nan tsche.« Die Chineſen betrachten nämlich nicht wie wir den Nordpol, ſondern den nach Süden weiſenden Nadelpol als den Hauptpol.

Kann aus dieſen und anderen Angaben auch keine beſtimmte Jahreszahl für die Erfindung erſehen werden, ſo iſt doch mit voller Sicherheit anzunehmen, daß die Chineſen ſich in weit früherer Zeit der Buſſole bedienten, als dieſe irgend einem anderen Volke bekannt geworden war.

Die Chineſen benützten die Magnetnadel zu dreierlei verſchiedenen Zwecken, nämlich im magnetiſchen Wagen bei ihren Reiſen und Heereszügen, zur Beſtimmung der Baulinien ihrer Gebäude und auf Seereiſen. Der Südenzeiger auf dem magnetiſchen Wagen beſtand aus einer menſchlichen

Figur, welche am vorderen Ende der hölzernen Wagenstange um eine verticale Axe drehbar aufgestellt war und die mit ihrer rechten Hand stets nach Süden zeigte (Fig. 294). Mit dem Südenzeiger war auf demselben Wagen häufig noch ein Wegmesser verbunden. Auf diese Weise sicherten sich die Beherrscher Chinas vor Verirrung, wenn sie auf ihren Heereszügen über ausgedehnte, unbewohnte und unbebaute Ebenen oft viele Tage lang ziehen mußten. In Japan wurden die magnetischen Wagen (Fig. 295) in der zweiten Hälfte des VII. Jahrhunderts bekannt.

Zum Baue eines Hauses bedienten sich die Chinesen gleichfalls der Bussole, um zu bestimmen, ob der Bauplatz günstig ist. Die hierzu benützte astrologische Bussole bestand aus einer runden Holzplatte, in deren Mitte die Magnetnadel angebracht war; auf der Holzplatte waren ferner die Zeichen der Theilung eingeschrieben, wie dies z. B. Figur 296 zeigt. Die Zeichen bedeuten die zwölf Windstriche. Häufig tragen die Bussolen mehrerlei Eintheilungen, wie aus Figur 297 zu ersehen. Der erste, d. h. der die Magnetnadel unmittelbar umschließende Kreis zeigt statt der Windstriche die acht Zeichen des Fu hi, welche in wissenschaftlichen Werken gewöhnlich verwendet werden; der darauf folgende Kreis zeigt die zwölf Zeichen des Zeitkreises oder die zwölf chinesischen Stunden, deren zwei eine der unserigen ausmachen; im dritten Kreise findet man die zwölf Thiere, welche diesen zwölf Zeichen entsprechen, derart, daß das Pferd Süden, das Huhn Westen, die Ratte Norden, der Hase Osten andeutet u. s. w.; der vierte Kreis enthält die Namen der Thiere in chinesischen Zeichen und endlich der fünfte Kreis die vier Hauptwindstriche mit ihren vier Unterabtheilungen. Zu bemerken ist noch, daß bei allen chinesischen Bussolen die Südhälfte der Nadel roth gefärbt wird, damit man den Südpol, den Hauptpol der Chinesen, leicht und sicher erkennen kann.

Zur See scheinen die Chinesen die Bussole erst in viel späterer Zeit benützt zu haben als zu Lande. Die ältesten diesbezüglichen Beschreibungen, welche Klaproth auffand, rühren aus den Jahren 1111 und 1117 n. Chr. her; in einem Werke aus dem Jahre 1297 ist jedoch schon die Richtung der Schifffahrt immer durch Windstriche der Magnetnadel angegeben.

Die Chinesen kannten aber nicht nur die Magnetnadel und die Eigenschaft derselben, die Nord-Südrichtung anzuzeigen, sondern ihnen war auch die Declination nicht entgangen; es ist derselben in einem Werke aus dem XI. Jahrhunderte gedacht. Da die Chinesen den Südpol als Hauptpol betrachten, mußten sie natürlich an Stelle der westlichen eine östliche Abweichung beobachten.

Auf welche Weise und zu welcher Zeit die europäischen Völker die Bussole kennen und anwenden lernten, läßt sich nicht mit voller Sicherheit

Fig. 296.

Süden.

Norden.

Chinesische Bussole.

Fig. 297.

Chinesische Bussole.

feſtſtellen; es iſt jedoch nicht unwahrſcheinlich, daß hierbei die Araber eine Vermittlerrolle geſpielt haben, wie ja auch von ihnen der Name herſtammt. Das Reſultat ſämmtlicher Unterſuchungen, welche bezüglich der Erfindung der Buſſole gepflogen wurden, kann etwa in folgenden Worten zuſammengefaßt werden:

Von allen uns bekannten Völkern ſind die Chineſen am längſten mit der Magnetnadel und der Eigenſchaft derſelben, die Nord-Südrichtung anzuzeigen, bekannt. Zwar läßt ſich nicht beweiſen, daß die Chineſen als Erfinder der Buſſole zu betrachten ſind, und ebenſowenig der Zeitpunkt feſtſtellen, zu welchem die Erfindung gemacht wurde oder zur Kenntniß der Chineſen gelangte. Als älteſtes Document hat man nach dem gegenwärtigen Stande der Forſchung das Werk des Han feï tsö zu betrachten und kann daher mit Sicherheit annehmen, daß die Buſſole im IV. Jahrhunderte vor unſerer Zeitrechnung von den Chineſen zu ihren Landreiſen benützt wurde. Man iſt ferner nicht unberechtigt, anzunehmen, daß den europäiſchen Völkern die Kenntniß der Buſſole durch die Araber vermittelt wurde, während dieſe ihre Kenntniß direct oder indirect den Chineſen verdanken. Während die europäiſchen Völker erſt zur Zeit der erſten Kreuzzüge die Buſſole kennen lernten, wurde dieſe von den Arabern ſchon geraume Zeit vorher in der Schifffahrt verwendet.

Die älteſte Form der Buſſole war die Waſſerbuſſole, bei welcher die Magnetnadel durch Schilfrohr oder Holzſtäbchen auf der Oberfläche eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes ſchwimmend erhalten wurde; dieſe Form ſcheint ſich in China noch bis gegen das Ende des XVI. Jahrhunderts erhalten zu haben. Die Bezeichnung der Weltgegenden durch 32 Windſtriche ſchreibt man den Holländern zu und verlegt dieſe Erfindung in das XVI. Jahrhundert.

Der Grubencompaß oder die Anwendung der Magnetnadel im Bergbaue beim Markſcheiden (Abgrenzung des Baues unterhalb der Erde gegen andere Reviere, Herſtellung des Grubenriſſes, Beſtimmung der Richtung der Stollen u. ſ. w.) iſt eine deutſche Erfindung und einem gewiſſen Agricola (recte Georg Bauer, geb. 1490 zu Glauchau, geſt. 1555 als Bürgermeiſter von Chemnitz) zuzuſchreiben; von ihm rührt auch die noch heute übliche Eintheilung des Grubencompaſſes in zwölf Stunden her. Dem Bergmeiſter Balthaſar Rößler dankt man den gebräuchlichen Hängecompaß mit doppelt ringförmiger Aufhängung (1673).

Es mag auffallend erſcheinen, daß nicht kurze Zeit nach der Erfindung der Buſſole auch die Declination (S. 87) entdeckt wurde, was doch um ſo eher zu erwarten war, als die Chineſen ſchon lange Zeit hiervon Kenntniß

hatten. Dies erklärt sich aber daraus, daß die europäische Bussole einerseits anfänglich keine Kreistheilung besaß, welche die Nadelabweichung leicht hätte ersichtlich machen können, und andererseits war die Abweichung selbst im XIII. und XIV. Jahrhunderte im südlichen Europa wirklich nur gering.

Thévenot erzählt in einer Reisebeschreibung, er habe einen von Peter Adsigerius geschriebenen Brief gesehen, woraus hervorgeht, daß Adsigerius schon im Jahre 1269 eine Abweichung der Nadel um fünf Grade wahrgenommen habe. Wie S. Günther gezeigt hat, ist diese Angabe jedoch in nachstehender Weise richtig zu stellen: Karl von Anjou hatte während seiner Kämpfe mit Manfred in seinem Heere einen französischen Ritter, Pierre de Maricourt; derselbe, über den von Wenckebach und Bertelli treffliche, aber so gut, wie gar nicht, zu weiterer Verbreitung gelangte Specialarbeiten geschrieben wurden, richtete aus dem Feldlager an seinen Freund Suger oder Syger jene »Epistola ad Sygerum«, welche die erste Nachricht von der Inconstanz der magnetischen Mißweisung enthält und durch ihren Titel den Anstoß zur Erfindung jenes Petrus Adsigerius gab, dessen Existenz mit Thévenot's Zeiten erst existirt.

Als Christoph Columbus seine erste Entdeckungsreise nach Amerika machte, sah er zu seinem größten Erstaunen, daß das Nordende der Nadel etwa um einen halben Strich ($5^1/_2$ Grade) nach Westen abwich, während er, 200 Seemeilen von Ferro entfernt, am 13. September 1492 bei Sonnenuntergang eine astronomische Beobachtung machte. Auffallend ist, daß weder er noch ein Anderer der östlichen Declination gedenkt, welche damals im Mittelmeere statthatte. Es ist wohl möglich, daß Columbus erst durch den Uebergang der östlichen in eine westliche Declination auf diese selbst aufmerksam wurde, aber andererseits kann die Nichtbeachtung der östlichen Declination im Mittelmeere auch dem Umstande zuzuschreiben sein, daß man den Nadeln der im Mittelmeere üblichen Compasse vielleicht schon bei ihrer Anfertigung eine solche Stellung zur Windrose gegeben hat, daß sie genau nach Norden zeigten. Es wird dies als um so glaublicher betrachtet, als man noch lange, nachdem die Declination als Thatsache erwiesen war, ziemlich allgemein die Meinung hegte, es sei dieselbe etwas Zufälliges und rühre von einer fehlerhaften Construction der Magnetnadel her, weshalb man auch allerlei Versuche machte, um genau nach Norden zeigende Magnetnadeln zu construiren.

Wie dem auch sei, jedenfalls kannte Columbus, wenn nicht schon zu dem angegebenen Zeitpunkte, so jedenfalls einige Jahre nachher auch die östliche Abweichung in den europäischen Gewässern. Es beweist dies ein im October 1498 von ihm aus Haiti geschriebener Brief, aus welchem A. v.

Humboldt die betreffende Stelle in nachstehender Weise wörtlich übersetzt hat: »Jedesmal, wenn ich von Spanien nach Indien segle, finde ich, sobald ich hundert Seemeilen nach Westen von den Azoren gelange, eine außerordentliche Veränderung in der Bewegung der himmlischen Körper, in der Temperatur der Luft und in der Beschaffenheit des Meeres. Ich habe diese Veränderungen mit besonderer Sorgfalt beobachtet und erkannt, daß die Seecompasse, deren Declination bisher in Nordosten war, sich nun nach Nordwesten hinüberbewegten.....«

Auch unterliegt es keinem Zweifel, daß Columbus der erste Europäer war, welcher die Verschiedenheit der Declination an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche wahrnahm. Immerhin erforderte es noch eine Reihe von Jahren, bis die Declination allgemein bekannt war, ja Pedro de Medino glaubte sogar im Jahre 1545 noch die Declination leugnen zu müssen, annehmend, die Abweichung der Nadel von der genauen Nord-Südrichtung rühre von einer fehlerhaften Magnetisirung her oder wäre nur einer ungenauen Beobachtung der Seeleute zuzuschreiben; bei Nonius lag die Ursache der Abweichung in der abnehmenden magnetischen Kraft bei längerem Gebrauche der Nadel. Als jedoch, infolge der vielseitig unternommenen Entdeckungsreisen und Erforschungsexpeditionen, zahlreiche Berichte von Seefahrern bekannt wurden, in welchen die Declination als thatsächlich vorhanden dargestellt wurde, mußten sich endlich auch die Gelehrten bequemen, die neu entdeckte Thatsache anzuerkennen, trotzdem sie nicht ihren Theorien sich unterordnen ließ.

Von späteren Beobachtern der Declination sind noch zu nennen Georg Hartmann, Orontius Finaeus und Robert Norman. Hartmann, der sich viel mit Anfertigung von Instrumenten befaßt hatte, beobachtete bereits im Jahre 1536 die Declination und bestimmte sie für Nürnberg, wo er Vicar an der Sebaldus-Kirche war, zu $10^1/_4$ Graden, in Rom zu 6 Graden. Finaeus fand die Declination für Paris im Jahre 1550 gleich 8 Graden und der Engländer Norman besprach in einer im Jahre 1580 veröffentlichten Schrift, betitelt: »The new attractive«, ausführlich denselben Gegenstand. Auf die hierin ausgesprochenen Vermuthungen über die Ursache der Erscheinung werden wir weiter unten noch zurückkommen. Zu bemerken ist noch, daß William Burroughs der im Jahre 1580 erschienenen dritten Auflage des genannten Werkchens ein Verzeichniß der damals bekannten Abweichungen der Nadel an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche beigab und zugleich den Versuch machte, die Declination an verschiedenen Orten durch eine Formel auszudrücken. Porta regte in seiner Magia naturalis (1589) den Gedanken an, mit Hilfe einer Bussole durch die Declination die geographische

Länge bei Fahrten auf dem Meere zu bestimmen. Diese Idee fußte darauf, daß damals die Declination für Italien östlich 9 Grade betrug, bei den Azoren gleich Null war und in Westindien in eine westliche überging. Es führte aber der eine wie der andere Gedanke zu keinem praktischen Erfolge.

Nachdem einmal die Declination erkannt und allgemein anerkannt war, nachdem man die Verschiedenheit derselben an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche beobachtet hatte, konnte natürlich auch ihre Veränderlichkeit mit der Zeit aber auf einem und demselben Punkte der Erde den Beobachtern nicht mehr entgehen. Der Professor der Astronomie am Gresham College zu London, Henry Gellibrand, bestimmte die Declination in London für das Jahr 1634 zu 4° 5′ östlich und verglich diese Bestimmung mit jener von Norman im Jahre 1576 (11° 15′ östlich) und der von Gunther im Jahre 1622 (6° 12′ östlich). Die Declination zeigte somit vom Jahre 1576 bis zum Jahre 1634 eine ganz bedeutende Abnahme, nämlich um mehr als 7°. Gellibrand hat diese Entdeckung im Jahre 1635 veröffentlicht und damit, namentlich bei den Seefahrern großes Aufsehen erregt. Seine, in der diesbezüglichen Abhandlung ausgesprochene Ansicht über die fortschreitende Abnahme der Declination wurde dadurch bestätigt, daß die Nadel im nordwestlichen Europa bereits im Jahre 1660 genau nach Norden zeigte; von da ab ging die vorher östliche Abweichung in eine westliche über bis zum Jahre 1819, wo sie ihr Maximum erreichte und seither wieder abnimmt. Nimmt man einen ebenso schnellen Rückgang an, so muß die Magnetnadel im Jahre 1978 abermals genau nach Norden zeigen.

Ein weiterer Fortschritt in der Kunde vom Erdmagnetismus wurde durch die Entdeckung der Neigung oder Inclination der Magnetnadel gemacht. Als Entdecker derselben ist Georg Hartmann zu betrachten, da er als Erster über eine derartige Beobachtung in einem Briefe berichtet, den er am 4. März 1544 an den Herzog Albrecht von Preußen schrieb; es heißt daselbst:

»Zu dem Anderen, so finde ich auch diess an dem Magneten, dass er sich nicht allein wendet von der Mitternacht und lenket sich gegen den Aufgang um 9 Grad mehr oder minder, wie ich es gemeldet habe; sondern er zeigt auch unter sich.«

Da zur Zeit die Inclination etwa 70 Grade betragen haben dürfte, ist das von Hartmann erhaltene Resultat allerdings ein von der Wahrheit ziemlich bedeutend abweichendes zu nennen. Trotzdem muß ihm aber die Entdeckung der Thatsache als solcher zugestanden werden und zwar umsomehr, als diese sich zu seiner Zeit, wo nur Declinationsnadeln, also auf einer verti-

calen Drehaxe aufgehängte Nadel bekannt und im Gebrauche waren, der Beobachtung leicht entziehen konnte. Eine geringe Neigung der einen Hälfte einer Declinationsnadel schrieb man einer ungenauen Aufhängung oder dergleichen zu und beseitigte sie etwa durch Aufkleben von Wachs auf die andere Hälfte. Hartmann erkannte aber ganz richtig, daß nicht die Schwerkraft, sondern eine magnetische Kraft der Nadel die Neigung ertheilt. Die erste genauere Beobachtung und zugleich Messung rührt von Robert Norman her, welcher auch die Thatsache feststellte, daß Stahl durch Magnetisiren keine Veränderung seines Gewichtes erleidet. Norman verfertigte ein Inclinatorium, bei welchem sich die Nadel um eine horizontale, möglichst genau durch ihren Schwerpunkt geführte Axe drehen konnte; eine derartig aufgehängte Nadel kann, mit ihrer Ebene in den magnetischen Meridian gestellt, ungehindert der magnetischen Kraft folgen. Mit diesem Instrumente bestimmte Norman in London die Inclination für das Jahr 1576 zu 51 Grade und 50 Minuten.

Das XVI. Jahrhundert fand einen epochemachenden Abschluß durch das Auftreten William Gilbert's, welchen Priestley mit Recht den Vater der Elektricitätslehre nennt; aber auch in Bezug auf den Erdmagnetismus ist ihm, wie gleich gezeigt werden soll, ein erheblicher Fortschritt zu verdanken. Gilbert wurde im Jahre 1540 zu Colchester geboren, machte seine Studien zu Oxford und Cambridge, unternahm Reisen ins Ausland und ließ sich endlich als Arzt in London nieder, wo er im Jahre 1603 starb. Sein für die damalige Zeit bedeutendes Wissen gewann ihm rasch die Gunst der Königin Elisabeth, welche ihn reichlich mit Mitteln zur Ausführung seiner wissenschaftlichen Untersuchungen unterstützte und auch zu ihrem Leibarzte erkor. Da um dieselbe Zeit auch Lord Baco am Hofe der Königin verkehrte, ist es wohl möglich, daß des Letzteren Denk- und Schreibweise auf Gilbert bestimmend einwirkte. Er brach vollständig mit der bis zur Zeit herrschenden Aristotelischen Naturphilosophie und gründete seine Lehren, als erster Physiker im modernen Sinne, auf das Experiment; er suchte die Naturerscheinungen nicht durch willkürliche Hypothesen zu erklären, sondern stellte zuerst z. wie es Baco forderte, durch das Experiment directe Fragen an die Natur und versuchte erst auf Grund der hierbei erhaltenen Antworten seine Theorien aufzubauen. Auf diese Weise gelang es ihm auch, unser Wissen wesentlich zu erweitern. Sein Hauptwerk: »De magnete, magneticisque corporib hus et de magno magnete Tellure, physiologa nova, London 1600«, kurz vor seinem Tode der Oeffentlichkeit übergeben, unterscheidet sich daher auch wesentlich von den naturphilosophischen Werken seiner Vorgänger; der blinde Autoritätsglaube, welcher letztere beherrscht, ist bei Gilbert nicht mehr

zu finden; wir haben ein physikalisches Werk im modernen Sinne vor uns, ein Werk, dessen Grundlage geschickt und fleißig durchgeführte Experimente bilden. Noch entschiedener nahm Gilbert den Kampf gegen die damals noch herrschende Philosophie des Aristoteles auf in seinem Werke: »De mundo nostro sublunari Philosophia nova, Amstelodami 1651«; doch ist hier ebensowenig der Ort, auf dieses einzugehen, als Gilbert's Leistungen auf dem Gesammtgebiete der Physik eingehend zu würdigen; es soll nachstehend vielmehr nur, was sich auf den Erdmagnetismus bezieht, kurze Erwähnung finden.

Sonach haben wir als hervorragendstes Verdienst Gilbert's zu nennen, daß er der Erste war, welcher die Ursache des Verhaltens beweglicher, magnetisirter Nadeln einem Magnetismus der Erde zuschrieb, diesen Gedanken klar aussprach, durch Experimente zu begründen suchte und die magnetischen Erscheinungen unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammenfaßte; Gilbert kann daher gewissermaßen als Entdecker des Erdmagnetismus betrachtet werden. Um dieses Verdienst richtig zu würdigen, ist es jedoch nothwendig, zuvörderst die vor Gilbert ausgesprochenen Meinungen kennen zu lernen. .

Die Declination wurde ursprünglich, wie bereits erwähnt (S. 779), ganz abgeleugnet und später suchte man sie durch die Art der Magnetisirung der Nadel zu erklären. Natürlich wurde diese Hypothese im selben Maße unhaltbarer, als sich die Zahl der Beobachtungen mehrte. Die richtende Kraft wurde überhaupt sowohl an den Himmel versetzt als auch der Erde zugeschrieben. Pierre de Maricourt (S. 778) dachte sich den Sitz der Kraft in den beiden Polen, Marsilius Ficinus im XV. Jahrhunderte im Nordpol. Columbus glaubte, es sei die Anziehung eines Punktes am Himmel und Paracelsus (geb. 1493, gest. 1541) verlegte diesen Punkt in das Sternbild des großen Bären; Cardanus (geb. 1501, gest. 1576) wählte einen Stern im Schweife des kleinen Bären und Martin Cortez ließ den Anziehungspunkt am Himmel sich bewegen. Franciscus Maurolykus (1494—1575) erklärte, daß wie ein Stück einer Magnetnadel wieder eine Nadel bildet, welche sich ebenso richtet wie die erste, das Bestreben nach derselben Orientirung hat, welche der Magnet im Bergwerke, dem er entstammt, besaß und daß er diese Eigenschaft den Magnetnadeln mittheile. Nun gibt es aber von allen Punkten am Himmel nur zwei unbewegliche, nämlich Nord und Süd; der Magnet kann sich also nur gegen diese richten. Die Ursache der Abweichung von der genauen Nordrichtung liege in der Anziehungswirkung, welche durch eine magnetische jenseits und seitlich des Nordpoles gelegene Insel auf die Nadel ausgeübt wird. Im XVI. Jahrhunderte fingirte Fracastoro in den nördlichen, hyperboreischen Gegenden Gebirge mit enormen

Eisenmassen und fabelte der Schwede Olaus Magnus von Bergen am Nordpol, die einen solchen Magnetismus äußerten, daß man daselbst nur Schiffe mit hölzernen Nägeln brauchen könne, indem eiserne Nägel aus den Schiffsplanken herausgezogen würden. — Wer denkt hierbei nicht an die Fabeln der Alten? — Norman endlich verlegte den auf die Magnetnadeln wirkenden Anziehungspunkt in die Erde, freilich allerdings ohne genauere Angabe und ohne die Erde selbst als Magnet zu betrachten; dies war Gilbert vorbehalten.

Gilbert lehrte, die Erde als solche sei als ein großer Magnet aufzufassen, dessen Pole mit den geographischen Polen zusammenfallen; um dieser Ansicht eine experimentelle Stütze zu geben, verfertigte er sogenannte Terellen, d. h. Stahlkugeln, welche er entsprechend magnetisirte und führte um eine solche eine kleine, an einem Faden aufgehängte Magnetnadel, um hierdurch zu zeigen, wie sich die erdmagnetische Kraft von Punkt zu Punkt ändern müsse. Aus dieser Theorie zog er auch die ganz richtige Folgerung, daß die (zu seiner Zeit nur erst in London beobachtete) Inclination vom Aequator gegen die Pole hin zunehmen müsse. Diese Voraussagung fand ihre Bestätigung, als Hudson im Jahre 1608 beim Passiren des 75. Grades nördlicher Breite die Inclination bestimmte und um mehr als 17 Grade größer fand, als die gleichzeitig in London herrschende. Da Gilbert die magnetischen Pole sich als zusammenfallend mit den geographischen dachte, mußte für die Declination eine besondere Ursache angenommen werden. Diese glaubte er in der Unregelmäßigkeit des festen Erdkörpers zu erkennen, annehmend, daß nur der feste Erdkörper magnetisch sei, nicht aber das Wasser. Dieser Ansicht zufolge müßte sich die Nadel in der Mitte des Oceans, also in gleicher Entfernung von Europa und Amerika genau in die Nord-Südrichtung einstellen. In der That entsprach die geringe Anzahl der zur Zeit vorliegenden Beobachtungen der Hauptsache nach dieser Ansicht; sie mußte erst dann aufgegeben werden, als man an der brasilianischen Küste eine entschiedene Abwendung der Nadel von der Küste beobachtete und auch die Veränderlichkeit der Declination an einem und demselben Orte erkannte. Hiermit fiel auch Gilbert's Vorschlag, die Inclination zur Bestimmung der geographischen Breite oder Polhöhe eines Ortes zu benützen. Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, daß Gilbert die Declination oder Abweichung der Nadel als Variation derselben bezeichnete, unter Declination aber die Neigung der Nadel gegen den Horizont, also die Inclination verstand.

Gilbert's Kenntnisse des Erdmagnetismus beschränkten sich jedoch nicht nur auf das Verhalten der Magnetnadeln, ihm waren vielmehr auch andere Aeußerungen desselben bekannt. Er wußte z. B. sehr wohl, daß Eisenstäbe,

in verticaler Richtung gehalten, durch Einwirkung des Erdmagnetismus selbst zu Magneten werden, die an ihren unteren Enden Nord-, an ihren oberen Enden Südpole erhalten; in dieser Weise erklärte er den magnetischen Zustand von Eisenstangen am Kreuz alter Kirchthürme.*) Gilbert war es aber auch nicht entgangen, daß vortheilhafter als die verticale Stellung eine derart geneigte ist, daß sie mit der Richtung der Inclinationsnadel zusammenfällt. Das Magnetischwerden der Eisenstäbe durch den Erdmagnetismus ahmte er experimentell nach, indem er zeigte, daß ein über dem Nordpole eines Magnetes senkrecht gehaltener Eisenstab an seinem unteren Ende einen Südpol, an seinem oberen Ende einen Nordpol erhält. Er wußte auch, daß Eisenstäbe Magnetismus annehmen, wenn man sie längere Zeit im magnetischen Meridiane liegen läßt oder in dieser Lage hämmert; daß Stahlstäbe durch Glühen ihren Magnetismus verlieren, ihn aber wieder gewinnen können, wenn der Stab im magnetischen Meridiane liegend erkaltet.

Von Gilbert's Nachfolgern haben wir zunächst Cabeo, Moretus und Kircher zu nennen. Nicolo Cabeo (geb. 1585, gest. 1650) schrieb über die Meteorologie des Aristoteles und ein Werk über Magnetismus unter dem Titel: »Philosophia magnetica, Ferrariae 1639«; dasselbe enthält im wesentlichen eine Wiederholung der Versuche Gilbert's, wenig Neues in Bezug auf magnetische Erscheinungen überhaupt und gar nichts Rennenswertes über Erdmagnetismus. Theodor Moretus (geb. 1602, gest. 1667) und andere Physiker behaupteten, der Mond sei ein wirklicher Magnet und ziehe bei seinem Durchgange durch den Mittagskreis vermöge seiner magnetischen Kraft das Meerwasser auf eine merkliche Höhe und verursache dadurch an den Küsten eine Ebbe; nachher aber fließe das erhobene Wasser wieder zurück und bewirke dadurch eine Flut. Veranlassung zu dieser Theorie gab Gilbert's Erklärung des Erdmagnetismus und die Meinung, der Mond sei ein der Erde ähnlicher Körper.

Pater Athanasius Kircher (geb. 1602, gest. 1680) ist wegen seiner Vielseitigkeit bemerkenswert; er schrieb über Philosophie, Mathematik, Naturgeschichte, Physik, Philologie, Archäologie u. s. w. und zwar stets sehr weitschweifig. Wir nennen ihn hier wegen seines Werkes: »Magnes sive de arte magnetica etc.« Colon Agripp. 1634; Kircher sagt hierin, daß die Declination auch an einem und demselben Orte eine veränderliche Größe besitze und stellt hierfür eine größere Anzahl von Beobachtungen tabellarisch zusammen.

*) Die ersten Beobachtungen der Art waren (1590) an dem Thurme der Augustinerkirche zu Mantua angestellt. Grimaldi und Gassendi kannten ähnliche Beispiele, immer in geographischen Breitegraden, wo die Inclination der Magnetnadel sehr beträchtlich ist. A. v. Humboldt, Kosmos.

Interessant ist auch die Bemerkung, ein Freund habe gelegentlich eines Ausbruches des Vesuvs eine Veränderung der Declination beobachtet. Im Uebrigen hat man Kircher wohl kaum einen Fortschritt in unserer Wissenschaft zu verdanken.

René du Perron Descartes (latinisirt Cartesius Renatus, geb. 1596, gest. 1650) nahm zur Erklärung des Magnetismus eine eigene Materie an, die aus dem Nordpole in den Südpol überströmt. Er dachte sich diese Materie in Gestalt feiner Schräubchen oder Spiralen. Eine andere ähnliche, aus Schräubchen bestehende Materie, welche nach der entgegengesetzten Seite gewunden sind, ströme aus dem Südpole in den Nordpol. Das Eisen besitze ausgehöhlte Canäle, wie Schraubengänge gewunden, von zweierlei Art, jede für eine der gedachten Materien passend. Dergleichen Canäle sind entweder wirklich schon vorhanden oder die Materie bildet sie erst zwischen den nachgebenden Fäserchen des Eisens. Da aber die aus den Polen strömenden Materien Widerstand in der Luft finden, so bilden sie Wirbel und gehen an beiden Seiten des Magnetes in den andern Pol durch krumme Linien zurück. Hieraus erklärt nun Cartesius, wie die Wirbel der Erdkugel jedem Magnete die Richtung geben und auch die übrigen magnetischen Erscheinungen. Da schon zu Descartes Zeiten bekannt war, daß die magnetischen Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen auch im luftleeren Raume statthaben, so muß diese Wirbeltheorie selbst für die damalige Zeit als verfehlt bezeichnet werden.

Inwieweit Gilbert's Theorie über den Erdmagnetismus die Ansichten seiner Nachfolger im XVII. Jahrhunderte beeinflußte, kann man z. B. aus einem Werke von L. L. de Vallemont*) ersehen; er erklärt daselbst die Inclination in nachstehender Weise:

»Die Wendung des *Magnets* ist eine solche Würckung, vermittelst welcher die Nadel im Compasse, welche, ehe sie mit dem Magnete bestrichen ist, in gleicher Wage stehet, solch *äquilibrium*, so bald sie die Magnetische Krafft angenommen, verliehret, weil Sie an der Spitze, so sich dem *Polo*, an dem Orthe, wo man diese Probe thut, am Nechsten befindet, schwerer wird. Diese Abweichung aber entstehet von der besondern Eigenschafft, so die Magnetische Krafft diesen Nadeln und allen Eisernen Ruthen, welche sich frey bewegen können, mittheilet. Man hat in acht genommen, dass diese *Materie* ihre Bewegung rund

*) La physique occulte ou Traité de la baguette divinatoire, Paris 1693; Der heimliche und unerforschliche Natur-Kündiger oder Accurate Beschreibung von der Wünschel-Ruthe ꝛc. Aus dem Französischen in das Hochteutsche übersetzet ꝛc., vermehrt um einen Tractat ... Nürnberg 1694.

umb die Erde habe, und solche in der Krümme von dem *Aequatore C. C.* (Fig. 298) bis an die *Polos S. M.* gehe. Da nun diese *Materie* die Eisernen Ruthen also bey ihrer Bewegung regieret, dass Sie mit ihr in eine gleiche oder *Parallel-Linie* kommen müssen; Also folget daraus, wenn eine sich niederwerts neiget, auch eben auf solche Arth diese sich sencken muss. Aus dieser Ursache geschiehet es denn, dass solche Abweichung nicht durchgehends in allen *Climatibus* gleich ist. Bey dem *Aequatore* hat es ganz und gar keine Würckung, da die Nadel voll-

Fig. 298.

Aus Vallemont's Natur-Kündiger.

kommen *horizontal* ist, wie man solches an den beyden Pfeilen zwischen C. und A. siehet, und aus denen Reise-Beschreibungen uns von denen so es selbst gesehen und erfahren, erzehlet wird.«

»Je näher man nun dem *Polo* kommt, jemehr lencket oder neiget sich die Nadel, als wie die beyden Pfeile zwischen S. und A. und zwischen A. und M. es beweisen, und tausend Proben, so uns die See-Verständigen zu erzehlen wissen, alle Tage bekräfftigen. Daher denn Seefahrenden, welche im Anfange die Ursache dessen nicht wussten.

genöthiget wurden, wenn sie gegen Mitternacht segelten, ein Wenig Wachs an das Ende der Magnet-Nadel, so sich gegen Mittag wendet, zu kleben, weil das andere sich so sehr gegen den *Polum* senckete; Wenn sie aber unter der Linie waren, mussten Sie das Wachs ganz weg thun, weil alsdann die Nadel in einem vollkommenen *Aequilibrio* war. Und wenn Sie im Widerspiel solches an das andere Ende, so gegen Mittag sich wendet, machen, weil sich die dahin kehrende Spitze dahin neigete.«

Es wird hierauf mitgetheilt, auf welche Weise man sich eine »acum inclinationis«, nämlich eine zur Beobachtung der Inclination geeignete Nadel herstellt und die Inclination für Paris zu 65 Grad angegeben; ferner wird auch jenes Experiment zur Demonstration des Erdmagnetismus beschrieben, welches Gilbert mit einem kugelförmigen Magnete ausführte und der Einwirkung des Erdmagnetismus auf vertical stehende Eisenstangen gedacht. Bezüglich des Erdmagnetismus selbst heißt es dann:

....»Also dass, nachdem wir von dem Engelländer Gilberto gelernet, dass eine *Atmosphaera* oder Dunst Creyss von der Magnetischen Materie sey, so die Erde umbgebe, und welche von Mitternacht gegen Mittag und von Mittag gegen Mitternacht zu gehet, haben wir zugleich mit dargestellet, dass sich solche nicht in alle Körper einschleiche; Zum Exempel, wenn man zween Stäbe, einen von Eisen und den andern von Silber schmiedet und glühend machet, und lässet sie wieder kalt werden, also dass ihre äussersten Spitzen gegen Mitternacht und Mittag sich kehren, so wird man finden, dass diese *Materia subtilis* seine Würckung in dem silbernen Stabe nicht hat haben können, da er doch die von Eisen also *impraegniret*, dass wenn man solche in einen Angel, oder an einen Faden hänget, er doch allezeit in eben die Stellung gerathen wird, wie er gewesen, da er sich verkühlet.«

Das XVII. Jahrhundert hat also auf dem Gebiete des Erdmagnetismus weder neue Thatsachen noch eine tiefere Einsicht in die schon bekannten Erscheinungen gezeitigt; es wurden in diesem Zeitraume vielmehr größtentheils nur die bereits von Gilbert ausgeführten Versuche mit geringer oder ohne jeder Abänderung wiederholt und seine Anschauungen mehr oder minder modificirt wiedergegeben. Hingegen ist der Beginn des XVIII. Jahrhunderts wieder durch einen erheblichen Fortschritt gekennzeichnet, nämlich durch die Veröffentlichung einer Declinationskarte durch Halley. Zwar hatte schon der Kosmograph Alonso de Santa Cruz um das Jahr 1530 die erste Declinationskarte zu entwerfen versucht, doch waren die zu dieser Zeit vorliegenden Beobachtungen noch sehr unvollständig.

Edmund Halley erblickte im Jahre 1656 als Sohn eines reichen Seifensieders zu Haggerston bei London das Licht der Welt. Seine Vorliebe für mathematische und physikalische Studien zeigte sich schon außerordentlich frühzeitig. Erst 20 Jahre alt, veröffentlichte er schon eine wissenschaftliche Abhandlung, nachdem er im Jahre 1673 in das Queen's College zu Oxford eingetreten war. Mit dem Gedanken beschäftigt, einen Fixstern-Katalog für die südliche Hemisphäre anzulegen, suchte er für die Ausführung dieses Planes die Unterstützung Karl II. zu erlangen; sein Wunsch wurde erfüllt. Halley ging im Jahre 1677 auf Staatskosten nach St. Helena, oblag daselbst drei Monate seinen Beobachtungen und brachte als Resultat der Expedition seinen »Catalogus stellarum australium« mit. In Anerkennung dieser Arbeit wurde er im Jahre 1678, also im Alter von 22 Jahren, zum Mitgliede der königlichen Gesellschaft ernannt. Halley hatte bereits als Knabe die Bussole fleißig beobachtet und setzte diese Beobachtungen auch in späteren Jahren fort. Solche Studien waren es auch, welche in ihm den Wunsch erregten, die Declination auf einer größeren Reise an verschiedenen Punkten der Erde zu beobachten. Nachdem ihm König Wilhelm I. ein Schiff gegeben und ihn zum Capitän ernannt hatte, schritt er auch sofort zur Ausführung seines Gedankens. Auf der ersten Reise im Jahre 1698 wurden die afrikanische Küste, das tropische Amerika und Ostindien besucht, auf der zweiten Reise im Jahre 1699 die Azoren, Capverden, Canarischen Inseln, St. Helena und verschiedene Küstenpunkte Afrikas und Amerikas; im September 1700 langte er wieder in England an. Das wissenschaftliche Resultat dieser Reisen war der Entwurf der Declinationskarte. Halley aber wurde vom Könige zum englischen Flottencapitän ernannt und ihm zeitlebens der halbe Gehalt eines solchen ausgesetzt. Im Jahre 1713 wurde Halley Professor der Mathematik in Oxford, dann Secretär der königlichen Gesellschaft und im Jahre 1719 endlich Astronom an der Sternwarte zu Greenwich. In dieser Stellung verblieb er bis zu seinem Tode, welcher im Jahre 1742 erfolgte.

Es ist hier nicht der Ort, der zahlreichen und bedeutenden astronomischen Arbeiten Halley's zu gedenken, ebenso wenig wie seiner übrigen physikalischen Arbeiten; wohl aber möge nachstehend angegeben werden, was sich auf die Lehre vom Erdmagnetismus bezieht. Die Abhandlungen über diesen Gegenstand, welche er (in den Phil. Transact.) im Jahre 1683 und 1719, also vor seinen großen, zum Zwecke eingehenden Studiums der Declination unternommenen Reisen, veröffentlichte, enthalten eine sehr vollständige Zusammenstellung der damals bekannten Declinationen für die verschiedensten Punkte der Erdoberfläche und den Versuch, auf Grund dieser Zusammenstellung eine Theorie des Erdmagnetismus aufzubauen. Hiernach sollte die Erde nämlich vier

Magnetpole haben, zwei nördliche und zwei südliche, und zwar: einen Nordpol im Meridiane von Landsend, nicht über 7 Grade vom geographischen Nordpole der Erde entfernt, und die Abweichung der Nadel in Europa bestimmend; einen zweiten Nordpol in dem mitten durch Californien gehenden Mittagskreis, 15 Grade vom nördlichen Erdpole entfernt; ferner einen Südpol in einem etwa 20 Grad von der Magellans-Straße westlich gelegenen Meridiane und beiläufig 16 Grade vom geographischen Südpole entfernt und endlich einen zweiten Südpol in einem 120 Grad östlich von London gelegenen (durch Neuholland, Celebes gehenden) Meridian, 20 Grade vom südlichen Erdpole entfernt.*)

Um bei Annahme von vier Magnetpolen die Veränderungen der Declination im Laufe der Zeit zu erklären, nahm Halley zwei der Magnetpole als beweglich an und vertheilte die beiden magnetischen Polpaare, um nicht einen Magnet mit vier Polen annehmen zu müssen, auf zwei von einander getrennte Körper. Newton hatte nämlich den, wie sich übrigens später zeigte, allerdings unrichtigen Satz aufgestellt, die Monddichte verhalte sich zur Erddichte wie 9 : 5;**) hieraus bildete sich nun Halley folgende Ansicht über die Constitution der Erde. Die Erde sei eine Hohlkugel, in welcher sich ein massiver Kern eingeschlossen befinde; den Raum zwischen beiden erfülle eine Art Flüssigkeit; jeder dieser beiden Körper besitze einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol. Als die Erde den ersten Anstoß zur Rotation erhielt, sei der Kern der Schale gegenüber etwas zurückgeblieben, so daß also die Rotationen der beiden Körper nicht völlig übereinstimmen. Hierdurch entsteht eine relative Bewegung der Magnetpole des Kerns gegenüber den Magnetpolen der Schale und dies sei eben die Ursache der Aenderung der Declination. Halley betrachtet den europäischen Nordpol und den amerikanischen Südpol als Kernpole und somit als die beweglichen Pole. Diese rücken gegen die Pole der Erdschale gegen Westen vor und vollenden eine ganze Umdrehung etwa in 700 Jahren. Eine Rotation der Magnetpole wurde übrigens auch von anderen Forschern angenommen und deren Dauer berechnet; so gab Philips als Umlaufszeit 370 Jahre, Bond 600 Jahre und Whiston 1720 Jahre an. Steinhäuser in Halle stellte im Jahre 1819 zur Erklärung der Veränderungen der Declination eine der Halley'schen ganz ähnliche Theorie auf; er nahm nämlich im Innern der Erde eine Art Planeten an und berechnete dessen Umlaufszeit zu 440 Jahren.

*) Diese Theorie der vier Magnetpole wurde neuerdings durch Hansteen in seinen »Untersuchungen über den Magnetismus der Erde, 1819« wieder aufgestellt, aber nur vorübergehend zu Ansehen gebracht.

**) Genauere Untersuchungen ergaben die Dichte des Mondes gleich 0·8 jener der Erde.

Halley's Theorie des Erdmagnetismus konnte sich nicht lange halten; dauernden Wert besitzt aber die Herstellung einer brauchbaren Declinationskarte, die Halley als Resultat seiner vorhin erwähnten großen Reisen im Jahre 1701 veröffentlichte. Es ist nicht nur an und für sich ein glücklicher Gedanke gewesen, alle Orte gleicher Declination durch Linien mit einander zu verbinden und so auf graphischem Wege eine klare übersichtliche Darstellung zu schaffen, sondern diese Darstellung ermöglicht uns überdies noch die Bestimmung der Verschiebungen, welche die isogonischen Linien seit der Veröffentlichung der ersten Isogonenkarte erlitten haben und trägt hierdurch zur Erweiterung unserer Kenntnisse über den Erdmagnetismus wesentlich bei.

Auch einiger Zeitgenossen Halley's müssen wir gedenken, deren Beobachtungen sich auf die Declination, Inclination und auf den Einfluß elektrischer Entladungen auf die Magnetnadel erstreckten. Die fortgesetzten Beobachtungen der Magnetnadel führten nämlich zu der Entdeckung der täglichen Veränderungen der Declination und Inclination. Was die erstere anbelangt, so nennt man zuweilen, jedoch mit Unrecht, den Pater Guy-Tachart (1682) als ersten Beobachter. Er soll die tägliche Veränderung der Declination bemerkt haben, als er dem Könige von Siam die magnetische Declination zeigen wollte. Thatsächlich erstreckt sich dessen Wahrnehmung jedoch nur auf die Verschiedenheit der Declination von Tag zu Tag und nicht auf die periodische Veränderung im Laufe des Tages.

Unbestreitbares Verdienst um die Entdeckung der periodischen Veränderung der Declination im Laufe eines jeden Tages haben hingegen Graham und Celsius. George Graham wurde im Jahre 1675 zu Horsgills bei Kirklinton in Cumberland als Sohn armer Eltern geboren. Als Lehrling bei einem Uhrmacher in London lenkte er durch seine ungewöhnliche mechanische Geschicklichkeit die Aufmerksamkeit des damals berühmtesten Uhrmachers in London, nämlich Tompion's, in so hohem Grade auf sich, daß Letzterer den jungen Graham schließlich ganz in sein Haus aufnahm. In der hierauf folgenden Zeit stellte Letzterer für die Sternwarte von Greenwich (unter Halley) eine Reihe von Instrumenten her, die durch ihre Vortrefflichkeit den Verfertiger berühmt machten. Graham hatte sich aber auch theoretisch ausgebildet und namentlich in der Physik und Astronomie nennenswerte Kenntnisse erworben. Zeugniß hiervon legen jene Abhandlungen ab, welche er in den »Philos. Transactions« veröffentlichte; eine derselben (1726) enthielt z. B. die Erfindung der Pendelcompensation (Rostpendel- und Quecksilbercompensation. Er starb als Mitglied der königlichen Gesellschaft im Jahre 1751 und wurde auf Tompions' Wunsch mit diesem in einem Grabe in der Westminster-Abtei bestattet.

Die Entdeckung der Veränderlichkeit der Declination machte Graham mit Hilfe einer Nadel von 32 Centimeter Länge, welche durch ein Hütchen aufgehängt war und deren Stellung bis auf zwei Minuten abgelesen werden konnte. Als er diese Nadel am 8. März 1722 beobachtete, fand er, daß die Abweichung zu allen Zeiten veränderlich sei und daß fast nicht eine Stunde, ja nicht einmal eine Minute verfließe, wo nicht oft eine Veränderung derselben wahrgenommen werde. Die Fortsetzung und Wiederholung dieser Beobachtungen führten zu dem Ergebnisse, daß die kleinen Veränderungen periodisch alle Tage wiederkehren und sowohl ein Maximum als auch ein Minimum erkennen lassen. Hierfür die Stunden richtig festzustellen, gelang jedoch Graham trotz zahlreicher Beobachtungen nicht. Poggendorff vermuthet, daß vielleicht im Hause versteckte Eisenmassen den Gang der Nadel beeinflußt haben. Die genaue Feststellung und Erforschung gelang vielmehr erst Anders Celsius (geb. 1701, gest. 1744) und aus diesem Grunde gebührt auch diesem Forscher ein Antheil an der Entdeckung der täglichen Declinationsveränderungen.

Während man in früherer Zeit fast nur die Declinationsnadel dem Studium und Experimente unterwarf, weil eben diese wegen ihrer hochwichtigen Anwendung im Seewesen auch von großer praktischer Bedeutung ist, fing man nunmehr auch an, der Inclinationsnadel größere Aufmerksamkeit zuzuwenden. So machte z. B. Cunningham (1700) auf einer Reise von England nach China eine große Anzahl von Inclinationsbeobachtungen und J. Karl Wilcke entwarf und veröffentlichte im Jahre 1768 die erste Inclinationskarte.*) Graham studirte auch an einem von ihm selbst verfertigten Inclinatorium die Veränderungen der Inclination und konnte tägliche Variationen feststellen, aber es gelang ihm nicht, eine Gesetzmäßigkeit derselben zu erkennen.

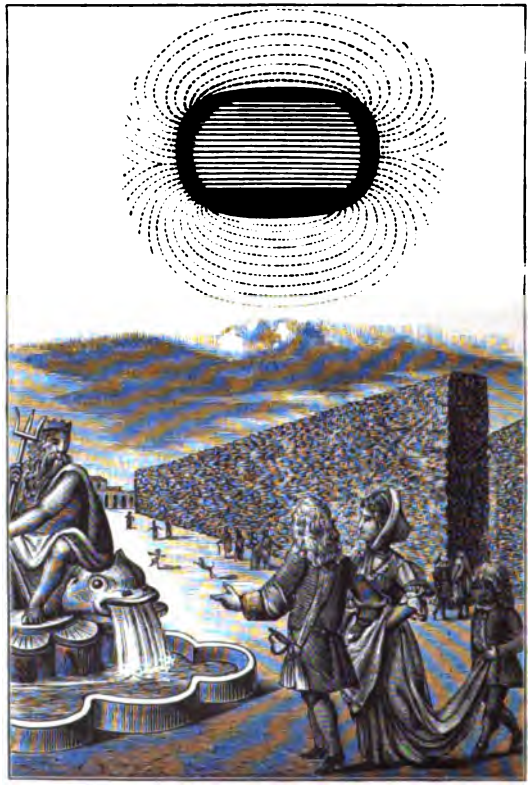
Ferner führte die zu dieser Zeit bereits allgemein gewordene Anwendung der Declinationsnadel in dem Compaß der Seefahrer zu der Entdeckung, daß die Polarität der Nadel durch Blitzschläge zuweilen verwechselt wird, so daß nach dem Blitzschlage der ursprüngliche Nordpol der Nadel südpolar erscheint und umgekehrt. An dieser Stelle möge sogleich auch erwähnt werden, daß Cotte und Cassini besonders starke Declinationsveränderungen für die Monate Juni, Juli und August fanden, und daß sowohl diese beiden Männer als auch Macdonald größere Veränderungen sowohl an Gewittertagen als auch unmittelbar vor- und nachher stets beobachteten.

In Bezug auf die Theorie des Erdmagnetismus sind aus der in Rede stehenden Epoche (Ende des XVII. und Beginn des XVIII. Jahrhunderts)

*) Er benützte hierzu die Beobachtungen von Cunningham, Feuillee (1710 bis 1711), de la Caille (1750—1754) und Ekeberg (1766—1767).

keine wesentlichen Fortschritte zu verzeichnen. Es herrschte vielmehr noch die von Descartes (Carteſius) aufgestellte Theorie eines eigenen magnetischen Fluidums für den Magnetismus überhaupt, während Halley's Erklärung des Erdmagnetismus durch vier Pole theils bekämpft wurde, theils Unterstützung fand. Dalencé läßt die Erde und mit ihr die übrigen Planeten

Fig. 299.



Dalencé, magnetische Curven.

im großen Weltwirbel jährlich um die Sonne kreisen und sie gleichzeitig ihre tägliche Axendrehung ausführen. Hierbei strömt aus ihren Polen eine ungemein feine, unwägbare und unsichtbare Materie aus, die in beständiger Bewegung die Erde umwallt, in einen Pol derselben eindringt, sie durchfließt und beim ersten Pole wieder ausströmt. Fäserchen oder Klappen in den zur Erdaxe parallelen Durchgängen gestatten der magnetischen Materie, nur in einer Richtung sich durch die Erde zu bewegen. Der Magnetstein, der Erde selbst

entnommen, behält diese Durchgänge bei und stellt in magnetischer Beziehung ein Abbild der Erde im Kleinen dar. Stahl und Eisen aber besitzen ähnliche Canäle, gefüllt mit den zartesten metallischen Theilchen, die durch Streichen des Stahles mit einem Magnete so geordnet werden, daß sie nun auch der magnetischen Materie in derselben Weise den Durchgang gestatten, wie im ursprünglichen Magnete. Die Stellung der Magnetnadel wird dadurch bewirkt, daß jene die Erde umfließende feine Materie auch die Nadel umflutet, und zwar so lange, bis die Richtung ihrer Durchgänge mit der Bewegungsrichtung der Materie übereinstimmt; dann durchströmt letztere die Nadel und erhält sie dadurch in ihrer Richtung. Für die Abweichung der Nadel konnte aber Dalencé allerdings keine genügende Erklärung geben.

Wie sich Dalencé die Strömungen des magnetischen Fluidums vorstellte, hat er durch Zeichnungen, die er seinem Werke (»Traité de l'Aimant« 1687, par M. D.) beigab, dargestellt; einige derselben sind in den Figuren 299, 300 und 301 wiedergegeben; sie sollen die Strömungen nur bei einem einzelnen Magnet, die Strömungen zwischen den ungleichnamigen und jene zwischen den gleichnamigen Polen zweier Magnete versinnlichen.

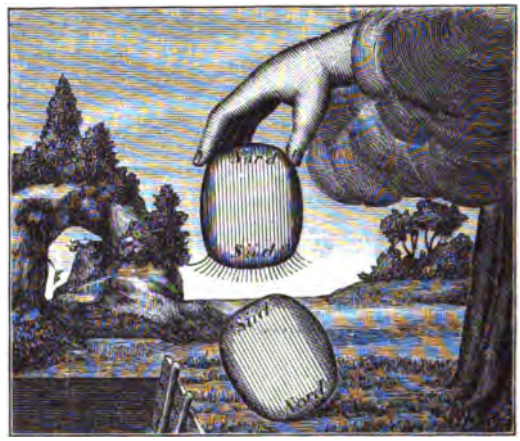
Hartsöker betrachtete den Magnet als einen gewöhnlichen, aus unendlich vielen feinen Prismen zusammengesetzten Stein; diese Prismen soll die tägliche Umdrehung der Erde zu einander und zur Erdaxe in nahezu parallele Lage gebracht haben. Die magnetische Materie bewegt sich dann wegen der Axendrehung der Erde durch die feinen Canälchen der Prismen von einem zum andern, bis sie beim letzten angelangt, durch dieses ausströmt und hierauf wieder an das erste gelangt, in solcher Weise einen steten Umlauf vollziehend.

Gegen Halley's Annahme von den vier magnetischen Erdpolen trat namentlich der berühmte Mathematiker Leonhard Euler (geb. 1707, gest. 1783) entschieden auf; er bewies, daß auch mit Hilfe zweier Pole alle Halley'schen Linien (wie die Isogonen damals genannt wurden) erklärt werden können, wenn man annimmt, daß diese beiden Magnetpole sich nicht diametral einander gegenüberstehen. Euler nahm für den magnetischen Nordpol einen Abstand von 14 Graden, für den magnetischen Südpol einen solchen von 35 Graden von den entsprechenden Erdpolen an und dachte sich die durch die beiden Magnetpole gelegten Meridiane 63 Grade von einander entfernt. Die unter diesen Voraussetzungen von Euler berechneten Linien waren in guter Uebereinstimmung mit der von Montaine und Dodson für das Jahr 1744 entworfenen Declinationskarte.

Tobias Mayer (geb. 1723, gest. 1762) verwarf Euler's Theorie und erklärte dafür die Vertheilung des Erdmagnetismus durch die Annahme

eines im Verhältniſſe zur Größe der Erde unendlich kleinen Magnetes, der ſich etwa 120 Meilen vom Mittelpunkte der Erde in jene Richtung hin ver-

Fig. 300.



Dalencé, magnetiſche Curven.

Fig. 301.

Dalencé, magnetiſche Curven.

schoben befinden soll, in welcher der stille Ocean die Erdoberfläche bedeckt. Dieser Magnet soll zwei Pole besitzen, eine zur Erdaxe geneigte Axe haben und sich in jedem Jahre um $^1/_{1000}$ des Erdhalbmessers vom Erdmittelpunkte entfernen. Auch die unter Zugrundelegung dieser Theorie (von Lichtenberg) berechnete Nadelabweichung soll befriedigende Resultate ergeben haben.

Das XVIII. Jahrhundert findet einerseits in den ausgezeichneten Arbeiten Coulomb's seinen Abschluß und läßt andererseits die mächtige Entwicklung, welche unsere Wissenschaft im XIX. Jahrhunderte nahm, bereits ahnen; in den letzten Decenien des XVIII. Jahrhunderts hatten Gauß, Ampère, Oersted und Humboldt schon zu arbeiten begonnen und am Beginne des XIX. Jahrhunderts gesellen sich diesen Forschern Faraday und Weber hinzu.

Charles Augustin de Coulomb wurde am 14. Juni 1736 zu Augoulême geboren, trat in noch jugendlichem Alter in das Geniecorps ein und wurde dann nach Martinique commandirt, wo er das Fort Bourbon baute. Nach neunjährigem Aufenthalte daselbst kehrte er zur Wiederherstellung seiner zerrütteten Gesundheit nach Frankreich zurück und erhielt in Rochefort eine Anstellung; hier widmete er sich wissenschaftlichen Arbeiten, deren Resultate er in den Schriften der Pariser Akademie veröffentlichte. Zwei derselben, nämlich über die Herstellung des Schiffscompasses und über die Theorie der einfachen Maschinen, wurden von der Akademie, die ihn im Jahre 1781 auch zu ihrem Mitgliede wählte, mit Preisen ausgezeichnet. Im Jahre 1784 veröffentlichte er seine berühmten Untersuchungen über die Torsionskraft und Elasticität von Metalldrähten, eine Arbeit, die ihn dann auch zur Construction der Torsionswage führte; dieses Instrument ist seit dieser Zeit bei genauen Messungen schwacher elektrischer und magnetischer Kräfte nicht mehr außer Gebrauch gekommen. Beim Ausbruche der Revolution nahm er als Oberstlieutenant seinen Abschied vom Geniecorps und lebte auf einem kleinen Landhause bei Blois. Als nach der Revolution die früher aufgelöste Akademie unter dem Namen des Nationalinstitutes wieder hergestellt wurde, nahm er auch dort abermals seinen Platz ein und wurde im Jahre 1806 Generalaufseher des öffentlichen Unterrichtes; noch im selben Jahre, am 23. August, ereilte den bereits siebzigjährigen Greis in Paris der Tod.

Coulomb's Arbeiten über Magnetismus, um welcher willen er hier genannt wird, erschienen in den Memoiren der Pariser Akademie in den Jahrgängen 1785—1789. Von diesen sind zu nennen sieben Abhandlungen über Elektricität und Magnetismus, deren erste die Beschreibung der Torsionswage enthält, während die zweite die Gesetze angibt, nach welchen die magnetische (und ebenso die elektrische) Anziehung und Abstoßung erfolgt; auch die

siebente Abhandlung gehört in das Gebiet des Magnetismus. Ferner schrieb Coulomb Abhandlungen über die beste Erzeugungsart magnetischer Nadeln, über Bussolen, über Magnetisirung von Stahl, über die Inclinationsnadel und die Bestimmung der Inclination u. s. w. Ebenso wie für die Elektricität nahm er auch für den Magnetismus zweierlei Flüssigkeiten an. Den Magnet selbst dachte er sich aus vielen kleinen Elementarmagneten zusammengesetzt, deren jeder beiderlei Flüssigkeiten enthält. Er führte den Beweis, daß die Kräfte dieser magnetischen Flüssigkeiten im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnehmen, daß jeder Magnet nur bis zu einer gewissen Grenze magnetische Flüssigkeit aufnehmen könne und dann mit dieser gesättigt erscheine, und daß nicht nur Eisen und Stahl, sondern alle Körper der Einwirkung des Magnetismus unterliegen. Coulomb zeigte auch, daß ein Erdpol einen Magnet mit ebenso großer Kraft abstößt, als mit welcher er ihn anzieht und daß die von der Erde auf die Magnetnadel ausgeübte Richtkraft dem Kubus der Nadellänge proportional ist.

Wenngleich die epochemachenden Entdeckungen, welche sich an die Namen Oersted, Ampère und Faraday knüpfen, nicht eigentlich in die Lehre vom Erdmagnetismus einzubeziehen sind, so muß dieser Männer doch an dieser Stelle gedacht werden, weil einerseits ihre großen Entdeckungen auf anderen Gebieten nicht ohne Einfluß auf das unserige blieben und andererseits noch manches den Erdmagnetismus direct Betreffende erübrigt, was der Erwähnung bedarf. Wir werden hieraus namentlich ersehen, daß durch die Arbeiten und Entdeckungen dieser drei Forscher innige Beziehungen zwischen Elektricität und Magnetismus hergestellt wurden.

Hans Christian Oersted wurde am 14. August 1777 zu Rudkjöbing auf der dänischen Insel Langeland geboren, wo sein Vater eine Apotheke hielt. Vom Jahre 1794 an widmete sich Oersted an der Universität zu Kopenhagen dem Studium der Medicin und wurde im Jahre 1799 zum Doctor der Philosophie promovirt. Nachdem er in den Jahren 1801—1803 Frankreich, Deutschland und Holland bereist hatte, beschäftigte er sich eingehend mit chemischen und physikalischen Studien und wurde im Jahre 1806 zum Professor der Physik ernannt. In den Jahren 1813 und 1814 treffen wir ihn auf einer zweiten Reise nach Deutschland und hierauf in England; wieder zurückgekehrt, gründete er im Jahre 1824 in Kopenhagen die Gesellschaft für Ausbreitung der Naturlehre. Fünf Jahre darauf übernahm er die Stelle des Directors am polytechnischen Institute. Seit 1834 war Oersted auswärtiges Mitglied der Pariser Akademie und starb als Geheimer Conferenzrath am 9. März 1851. Er besaß, was überhaupt bei großen Naturforschern nicht selten der Fall ist, auch eine hervorragende ästhetische Bildung.

welche man wohl wahrſcheinlich ſeinem Umgange mit Oehlenſchläger zuzuſchreiben hat.

Von ſeinen Arbeiten möge hier nur jene erwähnt werden, welche ihm die Unſterblichkeit ſicherte: die Entdeckung des Elektromagnetismus. Seine erſte Mittheilung hierüber iſt vom 21. Juli 1820 datirt, in lateiniſcher

Fig. 302.

Hans Chriſtian Oerſted, geb. 1777, geſt. 1851.

Sprache geſchrieben und führt den Titel: »Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam.« Ueber ſeine Entdeckung, die durch jahrelanges Beſchäftigen mit dieſem Gegenſtande und emſiges Darnachſtreben ſchon gewiſſermaßen vorbereitet war, erzählt Oerſted ſelbſt, wie folgt:

»Die Vorbereitungen zu den Verſuchen waren an einem Tage gemacht, wo ich des Abends eine von den Vorleſungen zu halten hatte. Ich zeigte

darin Canton's Versuch über den Einfluß chemischer Wirkungen auf den magnetischen Zustand des Eisens, ich machte auf die Veränderungen der Magnetnadel während eines Gewitters aufmerksam, und ich trug zugleich die Vermuthung vor, daß eine elektrische Entladung auf eine Magnetnadel außer der Kette wirken könne. Ich entschloß mich nun den Versuch zu machen. Da ich von der mit Glühen vergesellschafteten Entladung das meiste erwartete, wurde ein sehr feiner Platindraht in die Kette da eingeschaltet, wo die Nadel untergestellt wurde. Die Wirkung war zwar unverkennbar, aber doch so verworren, daß ich die weitere Untersuchung auf eine Zeit verschob, wo ich mehr Muße zu haben hoffte. Im Anfang des Monats Juli wurden diese Versuche wieder aufgenommen und unausgesetzt verfolgt, bis ich zu den bekannt gemachten Resultaten kam.«

Oersted hat aber nicht nur die Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom entdeckt, sondern es gelang ihm auch die Umkehrung des Experimentes; er zeigte nämlich, daß umgekehrt ein beweglicher, vom elektrischen Strome durchflossener Leiter durch einen feststehenden Magnet abgelenkt wird.

Nur eine Woche verstrich seit jenem Tage (11. September 1820), an welchem Oersted's Versuch zu Ampère's Kenntniß gekommen war, als auch Letzterer schon eine neue große Entdeckung, nämlich die Einwirkung stromdurchflossener Leiter auf einander der Akademie vorführen konnte. André Marie Ampère wurde im Jahre 1775 zu Lyon geboren und erregte schon als Kind die Aufmerksamkeit seiner Lehrer durch auffallende Fertigkeit im Rechnen; 11 Jahre alt, beherrschte er bereits die ganze Elementar-Mathematik, dann lernte er die lateinische Sprache, eigens zu dem Zwecke, um die Werke Euler's und Bernoulli's studiren zu können. Er las und studirte überhaupt ohne Auswahl alles, was ihm unter die Hände kam, unter Anderem z. B. auch eine ganze Encyklopädie vom ersten bis zum letzten Bande; da er sich auch eines ausgezeichneten Gedächtnisses erfreute, frappirte er dann gelegentlich durch Kenntnisse, die man bei ihm nie gesucht hätte. Im Jahre 1801 erhielt er die Stelle eines Professors in Bourg und im Jahre 1805 wurde er auf Delambre's Veranlassung an die polytechnische Schule in Paris berufen; 1814 erfolgte seine Ernennung zum Mitgliede der Akademie. Im Frühjahre 1836 trat er wie alljährlich auch diesmal eine Reise nach dem Süden an; schon leidend, erfüllte sich seine Hoffnung auf Wiederherstellung seiner Gesundheit durch das südliche Klima nicht. Sein Zustand verschlimmerte sich vielmehr und am 10. Juni 1836 hatte Ampère zu Marseille zu leben aufgehört.

Ampère's Arbeiten und Entdeckungen stehen zum Theile auch in inniger Beziehung zum Erdmagnetismus. Eines der ersten dieser Experimente

war folgendes: er befestigte an einer horizontalen Axe leicht beweglich ein Rechteck aus Kupferdraht, dessen zu beiden Seiten der Axe liegenden Hälften genau gleich schwer waren, so daß sich also dieses Rechteck in jeder Lage im Gleichgewichte befand. Wurde dann der kleine Apparat mit seiner horizontalen Axe senkrecht auf den magnetischen Meridian gestellt und durch das Drahtrechteck ein Strom gesandt, so stellte sich jenes mit seiner Ebene unter Einfluß des Erdmagnetismus sofort senkrecht auf die Richtung der Inclinationsnadel.

Fig. 303.

A. M. Ampère, geb. 1775, gest. 1836.

Ampère construirte auch ein um eine verticale Axe bewegliches Drahtrechteck, welches, sobald ein galvanischer Strom durchgesandt wurde, eine senkrechte Stellung zum magnetischen Meridian annahm; in beiden Fällen erfolgte die Einstellung des Rechteckes in die Ruhelage auf die Weise, daß der Strom durch die westlich gelegene Rechtecksseite aufwärts, durch die östlich gelegene Seite abwärts verlief. Ebenso wie ein solches Rechteck müssen sich auch mehrere oder viele derartige Rechtecke oder Kreise verhalten, wenn man solche anwendet. Ampère vereinigte auch eine solche Reihe von Kreisen auf

einer gemeinschaftlichen Axe, d. h. er verfertigte sich eine Drahtspirale und nannte dieselbe »Solenoid«. Wurde ein solches, entsprechend aufgehängt, von einem Strome durchflossen, so kam es, entsprechend dem früher angegebenen Experimente, in einer Lage zur Ruhe, in welcher sämmtliche Kreisebenen senkrecht auf dem magnetischen Meridiane standen, oder was dasselbe ist, in jener Lage, in welcher die Axe des Solenoides dieselbe Richtung angenommen hatte wie die Declinationsnadel; hierbei kreiste der Strom auf der gegen Süden gewandten Stirnfläche der Spirale in der Richtung der Uhrzeigerbewegung, auf der gegen Norden gewandten Fläche dieser Richtung entgegen.

Ampère blieb jedoch nicht bei einzelnen Experimenten stehen, sondern baute auf Grund seiner Versuche und jener anderer Forscher eine Theorie auf, durch welche alle magnetischen Erscheinungen auf elektrische Ströme zurückgeführt werden. Der Stahlmagnet ebenso wie die Erde, beide verdanken ihre magnetische Kraft elektrischen Strömen. Ein Magnetstab oder eine Magnetnadel ist daher nach der Ampère'schen Theorie als ein Körper aufzufassen, in welchem viele elektrische Kreisströme derart vereinigt sind, daß sie alle mit ihren Ebenen senkrecht auf die Längsaxe des Stabes oder der Nadel stehen. Aus dieser Annahme lassen sich dann sämmtliche magnetischen Erscheinungen ganz ungezwungen erklären. Der Erdmagnetismus findet seine Erklärung durch den Erdstrom, der in der Richtung von Ost nach West die Erde umfließt. Die Annahme eines solchen erscheint um so zulässiger, als die verschiedenen Bestandtheile der Erdoberfläche in ihrer zufälligen Aufeinanderfolge nichts anders als eine in sich selbst zurückkehrende Voltasäule bilden, die gewissermaßen einen Gürtel um die Erde darstellt. Es wäre sogar viel wunderbarer, eine derartige Aufeinanderfolge der verschiedenen Bestandtheile der Erde annehmen zu müssen, bei welcher nach keiner Richtung hin ein Strom entstünde. Es bedarf wohl nicht erst der Erwähnung, daß jener Erdstrom nicht genau dem Aequator folgend zu verlaufen braucht, sondern auch in mehr oder weniger gekrümmten Linien die Erde umschließen kann. Ferner ist es selbstverständlich, daß man den Erdstrom nicht als einen einzigen Strom aufzufassen, sondern diesen vielmehr als den Repräsentanten sämmtlicher in der Erde verlaufenden Ströme zu sehen hat, wie es auch der mannigfaltigen Aufeinanderfolge der verschiedenen Bestandtheile der Erdoberfläche am besten entspricht.

Doch mit den epochemachenden Entdeckungen der vorgenannten Forscher ist die Reihe jener genialen Untersuchungen, durch welche unsere Kenntnisse über die physikalische Natur der Elektricität und des Magnetismus eine ganz ungeahnte Erweiterung erfuhren, keineswegs abgeschlossen. Zu Oersted und

Ampère gesellte sich noch Faraday, der Entdecker der Induction, während in derselben Zeitperiode Gauß, der geniale Begründer der auf streng mathematischer Grundlage aufgebauten Theorie des Erdmagnetismus lebte und in Weber und A. v. Humboldt congeniale Mitarbeiter fand.

Michael Faraday wurde am 22. September 1791 zu Newington Butts bei London geboren. Sein Vater, ein Hufschmied, gab ihn zu einem Buchbinder (Namens Riebau) in die Lehre, wo Faraday von seinem 13. bis

Fig. 304.

M. Faraday, geb. 1791, gest. 1867.

zu seinem 22. Jahre verblieb. Schon zu dieser Zeit las er eifrig jene Bücher, welche ihm zum Einbinden übergeben wurden und führte die hierin angegebenen kleineren physikalischen und chemischen Experimente aus. Auch besuchte er naturwissenschaftliche Vorlesungen, darunter jene, welche damals Sir Humphry Davy an der Royal Institution hielt. Er arbeitete dieselben schriftlich aus und übergab sie Davy, der ihn dann als Assistenten im Laboratorium der Royal Institution anstellte. Charakteristisch sind die Gründe welche Faraday zu diesem Schritte bewogen haben; er sprach sie selbst mit folgenden Worten aus: »Mein Wunsch, den Handelsgeschäften zu entfliehen,

das ich für verdorben und selbstisch hielt, und mein Verlangen, in den Dienst der Wissenschaft zu treten, die nach meiner Meinung ihre Verehrer liebenswürdig und edelmüthig macht, bewog mich zu dem kühnen Schritt, ohne weiteres an Sir Humphry Davy zu schreiben.«

Faraday studirte nun eifrig Chemie und Physik und begleitete im Jahre 1813 als Secretär Davy's diesen auf seiner Reise nach dem Continente. Nach London zurückgekehrt, begann Faraday seine selbständigen Experimentalunterſuchungen. Nachdem er die Stelle eines Oberaufsehers in der Royal Institution erhalten hatte, vermählte er sich im Jahre 1821 mit der Tochter eines Priesters der Sandemanianer-Secte*), welcher er und auch seine Eltern angehörten. Als er später Professor an der Royal Institution geworden war, hielt er sowohl an dieser zahlreiche Vorlesungen, als auch eine Zeit lang (von 1829—1852) an der Akademie zu Woolwich. Im Jahre 1841 unternahm er zur Wiederherstellung seiner angegriffenen Gesundheit eine Reise in die Schweiz und kehrte von hier auch thatsächlich wieder gekräftigt zurück.

Faraday führte stets ein sehr eingezogenes Leben, ganz mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigt. Im Jahre 1824 wurde er zum Mitgliede der »Royal Society« gewählt und im Jahre 1844 zu einem der acht auswärtigen Mitglieder der Pariser Akademie. Ueberdies war er Mitglied der meisten europäischen Akademien, Ehrendoctor verschiedener Universitäten und wurde mit Auszeichnungen jeder Art förmlich überhäuft, trotzdem er diesen eher auszuweichen als sie zu erlangen strebte; so hat er z. B. die Präsidentschaft der »Royal Society« consequent ausgeschlagen. Mit dem Jahre 1861 hörte seine Thätigkeit auf; er zog sich nach Hampton Court in ein ihm von der Königin geschenktes Haus zurück und lebte daselbst von der ihm ausgesetzten Pension von 300 Pfund Sterling. Die Holtz'sche Influenzmaschine soll, wie Tyndall erzählt, noch einmal sein Interesse erregt haben; im Frühjahre 1867 war jedoch schon sein Verstand zeitweise getrübt, er sprach irre und entschlief endlich am 25. August desselben Jahres, in einem Alter von nahezu 76 Jahren.

Faraday begann seine so berühmt gewordene Reihe von Experimentalunterſuchungen im August des Jahres 1831 und bald hatte er die Erzeugung von Inductionsströmen durch Ströme und Magnete entdeckt; die elektrische Induction durch den Erdmagnetismus war Gegenstand der »Baker« Vorlesung für das Jahr 1832. Aus den Jahren 1844—1851 datiren seine nicht weniger berühmten Untersuchungen über die Drehung der Polarisationsebene durch den Magnet und über den Diamagnetismus. Durch diese Entdeckungen hatte nun Faraday den Magnetismus als allgemeine Naturkraft erkannt.

*) Entstanden aus der presbyterianischen schottischen Kirche.

welcher alle Körper unterworfen sind. Zwischen die Pole eines hinreichend starken Elektromagnetes gebracht, stellen sich die Körper entweder in der Verbindungslinie beider Pole, d. h. in axialer Lage ins Gleichgewicht, oder sie erreichen senkrecht auf diese Richtung, d. h. in äquatorialer Richtung, ihre Ruhelage; die Körper der ersten Art, zu welchen das Eisen gehört, nennt man paramagnetische, jene der zweiten Art diamagnetische Körper. Faraday beschränkte seine diesbezüglichen Untersuchungen nicht nur auf feste Körper, sondern unterwarf auch Flüssigkeiten und Gase seinen Experimenten. Hierbei ergab sich ihm die wichtige Thatsache, daß das Sauerstoffgas sich gleich dem Eisen paramagnetisch verhält, während alle übrigen Gase sich diamagnetisch erwiesen; auch zeigte sich, daß der Sauerstoff durch Verdünnung und ebenso durch Erhöhung der Temperatur von seiner paramagnetischen Kraft verliert. Da nun die übrigen diamagnetischen Bestandtheile der Atmosphäre, der Stickstoff und die Kohlensäure, durch Erwärmung oder Ausdehnung in ihrem diamagnetischen Verhalten wenig beeinflußt werden, so ist eigentlich nur die »gleich einer großen Kuppel von dünnem Eisenblech« die Erde umgebende Sauerstoffhülle in Betracht zu ziehen. Auf diese wirkt aber infolge der Rotation und der Revolution der Erde die Sonne in veränderlicher Weise ein, so zwar, daß stets jene Hälfte der Kuppel, welche der Sonne zugewandt ist, schwächer paramagnetisch sein wird als die andere Hälfte. Da sich nun diese Hälften wegen der Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne in ihrer gegenseitigen Lage fortwährend verschieben müssen, glaubt Faraday einen Theil der Variationen des Erdmagnetismus diesen thermischen Verhältnissen zuschreiben zu können.

Faraday gilt als der Begründer der modernen Elektricitätslehre, ebenso wie Gauß als jener der Theorie des Erdmagnetismus; mit ihm und seinen genialen Mitarbeitern Weber und A. v. Humboldt erscheint die Geschichte unserer Wissenschaft als abgeschlossen.

Johann Carl Friedrich Gauß wurde am 30. April 1777 zu Braunschweig geboren, studirte daselbst im Collegium Carolinum bis 1795 und hierauf in Göttingen bis 1798; das Studium wurde ihm durch ein Stipendium ermöglicht, welches ihm der Herzog Carl Wilhelm Friedrich von Braunschweig verliehen hatte. Schon zu dieser Zeit war Gauß mit bedeutenden mathematischen Arbeiten beschäftigt; hatte er doch schon im Jahre 1795 die Methode der kleinsten Quadrate erdacht. Im Jahre 1798 kehrte er wieder in seine Vaterstadt zurück. Während die Bedeutung seiner mathematischen Arbeiten doch nur von einer geringen Anzahl Gelehrter erkannt wurde, gelang es ihm im Jahre 1801 durch die Berechnung der Bahn eines von Piazzi in Palermo neuentdeckten Planeten allgemeines Aufsehen zu erregen. Da der Planet nur

40 Tage lang beobachtet werden konnte, fürchteten die Astronomen nämlich, ihn der mangelhaften Angaben wegen wieder zu verlieren; dies wurde nun eben durch Gauß' Bahnberechnung verhindert, welche die Wiederauffindung des Planeten durch Zach und Olbers in den Jahren 1801 und 1802 ermöglichte.

Gauß, welchem der Herzog inzwischen einen Jahresgehalt von 400 Thalern ausgesetzt hatte, erhielt im Jahre 1801 einen glänzenden Antrag aus Petersburg, wohin er als Director der Sternwarte gehen sollte. Er nahm denselben jedoch aus patriotischen Gründen und aus Dankbarkeit gegen den Herzog nicht an; letzterer erhöhte ihm dafür seinen Gehalt auf 650 Thaler und gewährte noch anderweitige Begünstigungen. Im Jahre 1803 vermählte sich Gauß mit Johanna, der Tochter des Weißgärbermeisters Christ. Als 1807 der Antrag von Petersburg aus erneuert wurde, war Gauß der unsicheren, kriegerischen Verhältnisse wegen fast schon entschlossen, dem ehrenvollen Rufe zu folgen, als es gelang, ihm die Stelle des Directors der Sternwarte in Göttingen zu verschaffen. Das Jahr 1809 war für Gauß ein sehr trauriges; die Kriegswirren legten ihm schwere finanzielle Opfer auf, und überdies verlor er in kurzen Zwischenräumen seinen Vater, seine Frau und ein Kind. Im darauffolgenden Jahre führte er Minna Waldeck, die Freundin seiner ersten Frau, zum Traualtar.

Einen auf A. v. Humboldt's Veranlassung im Jahre 1810 an Gauß ergangenen Ruf nach Berlin lehnte dieser ab, folgte jedoch im Jahre 1828 einer Einladung zur Theilnahme an dem in derselben Stadt abgehaltenen Aerzte- und Naturforschertag. Diese Reise hatte die weittragendsten Folgen, denn bei dieser Gelegenheit lernte er Weber kennen, dem im Jahre 1831 auf Gauß' Antrag die Lehrkanzel für Physik in Göttingen anvertraut wurde.

Wilhelm Eduard Weber wurde am 24. October 1804 zu Wittenberg, als zweiter Sohn eines Theologie-Professors daselbst, geboren. Seinen Studien oblag er an der Universität Halle und publicirte bereits im Jahre 1825 gemeinschaftlich mit seinem Bruder Ernst Heinrich sein classisches Werk: »Die Wellenlehre«. Im Jahre 1827 wurde er Privatdocent in Halle und schon im darauffolgenden Jahre außerordentlicher Professor. Als im Jahre 1837 die Constitution aufgehoben wurde, verwies die Regierung sieben hanno veranische Professoren des Landes und darunter auch Weber, weil sie diesem Acte die Anerkennung verweigerten. Weber erhielt 1843 eine Professur in Leipzig, kehrte aber 1849 wieder nach Göttingen zurück. Außer seinen vielen hervorragenden Arbeiten aus dem Gebiete der Elektricität und des Magnetismus lieferte er auch Abhandlungen akustischen Inhaltes, mit seinem Bruder Eduard Friedrich die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge u. s. w.

Durch die gemeinschaftlichen Arbeiten von Gauß und Weber wurde die Lehre vom Erdmagnetismus, die bis zu dieser Zeit noch wenig ausgebildet war, mächtig gefördert. Gauß veröffentlichte bereits im Jahre 1833 eine Abhandlung, enthaltend die Bestimmung der absoluten Intensität des Erd-

Fig. 305.

J. C. F. Gauß, geb. 1777, gest. 1855. W. E. Weber, geb. 1804.

magnetismus mit Hilfe des Magnetometers. Ein Jahr darauf wurde unter Betheiligung Alex. v. Humboldt's der magnetische Verein gegründet, zur planmäßig festgesetzten Beobachtung der Variationen der Declination an den Wohnorten der verschiedenen Mitglieder, und im Jahre 1840 war Gauß bereits imstande, auf Grund der hierdurch erlangten Resultate und früherer Arbeiten seine allgemeine Theorie des Erdmagnetismus der Oeffentlichkeit zu

übergeben. Bekannt ist, daß diese Untersuchungen über den Erdmagnetismus auch zur Erfindung des elektromagnetischen Telegraphen führten.

Die letzte Arbeit überreichte Gauß im Juli 1849, als sein fünfzigjähriges Doctorjubiläum gefeiert wurde; in diesen Beiträgen zur Theorie der algebraischen Gleichungen war, jedoch in umfassenderer Weise, derselbe Gegenstand behandelt, wie in jener Abhandlung, durch welche er sich das Doctordiplom seinerzeit in Helmstädt erworben hatte. Nachdem Gauß bereits im Jahre 1852 die Abnahme seiner Kräfte zu fühlen begonnen hatte, verbrachte er noch einige Jahre fortwährend kränkelnd und hauchte endlich am 23. Februar 1855 seinen großen Geist aus.

Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander v. Humboldt wurde am 14. September 1769 zu Berlin geboren und bekam mit seinem um zwei Jahre älteren Bruder Wilhelm eine sehr sorgfältige Erziehung. Durch Privatunterricht vorbereitet, bezogen beide Brüder im Jahre 1787 die Universität zu Frankfurt am Main, welche Alexander im Jahre 1789 mit jener in Göttingen vertauschte. Er besuchte daselbst das von Heyne gehaltene philologische Seminar, trieb aber hauptsächlich naturwissenschaftliche Studien. Im Jahre 1790 machte er, von Forster begleitet, seine erste größere Reise; sie erstreckte sich auf den Besuch von Belgien, Holland, England und Frankreich. Von seiner Mutter für Cameralstudien bestimmt, besuchte Humboldt hierauf die Bergakademie zu Freiberg. Hier fesselten ihn namentlich die Vorträge des Mineralogen und Geologen Gottlob Werner. Im Jahre 1792 in den Staatsdienst eingetreten, erhält er bald die Stelle eines Oberbergmeisters, verläßt jedoch seinen Dienst bereits im Jahre 1797, um sich für die von ihm geplanten großen Reisen vorzubereiten. Nachdem verschiedene Reisepläne nicht zur Ausführung gelangen konnten, begab sich Humboldt nach Spanien und verbrachte dort den Winter von 1797 bis 1798. Im Jahre 1799 trat er endlich gemeinschaftlich mit Bonpland jene große Reise nach Amerika an, von welcher er erst nach fünf Jahren wieder nach Europa zurückkehrte; durch die hierbei erzielten Ergebnisse wurde sie zu einem epochemachenden Ereignisse in der Geschichte der Naturwissenschaften. Humboldt nahm nach seiner im Jahre 1804 erfolgten Rückkehr zunächst in Paris seinen Aufenthalt, wo er an der Herausgabe seines kolossalen Reisewerkes arbeitete. Auch führte er mit Gay-Lussac eudiometrische Untersuchungen aus und später mit Biot solche über die Variation des Erdmagnetismus; letztere wurden im December 1804 der Akademie vorgelegt und im Jahre 1808 erschienen die Ansichten der Natur. Im Jahre 1819 unternahm Humboldt abermals eine große Reise, sie galt dem asiatischen Rußland und wurde in Gesellschaft von Ehrenberg und Rose ausgeführt. Auf den Wunsch des Königs von Preußen nahm

Humboldt vom Jahre 1827 an seinen dauernden Aufenthalt in Berlin. Die Vorlesungen, welche er über physische Weltbeschreibung hielt und die ein ganz ungewöhnliches Aufsehen erregten, veranlaßten den Freiherrn von Cotta Humboldt zur Drucklegung seiner physischen Weltbeschreibung aufzufordern. Letzterer machte sich sofort an die Umarbeitung seiner Vorträge und

Fig. 306.

A. v. Humboldt, geb. 1769, gest. 1859.

im Jahre 1845 erschien der 1. Band seines Kosmos (Entwurf einer physischen Weltbeschreibung). Das Gesammtwerk besteht aus fünf Bänden, doch leider war es Humboldt nicht vergönnt, die Ausgabe des letzten Bandes noch zu erleben. Im Jahre 1857 traf ihn ein Schlaganfall, von dem er sich zwar wieder erholte, aber im April 1859 hatte seine Schwäche so sehr zugenommen, daß er das Bett nicht mehr verlassen konnte; er starb am 6. Mai 1859, also nahezu 90 Jahre alt, klaren Geistes bis an sein Lebensende.

Es ist hier nicht der Ort, auf Humboldt's Bedeutung für die gesammten Naturwissenschaften näher einzugehen; doch möge kurz auf seine Verdienste um die Lehre vom Erdmagnetismus, welchen er einem eingehenden Studium unterwarf, hingewiesen werden. Die isogonischen Linien verdanken Humboldt ihren Namen, er stellte durch seine zahllosen Beobachtungen den vollkommen verschiedenen Verlauf der isoclinen und isodinamischen Linien fest und er entdeckte auch die Veränderung der Intensität des Erdmagnetismus mit der geographischen Breite. Humboldt's Theilnahme an den Arbeiten des magnetischen Vereines wurde bereits gedacht. Hervorgehoben muß aber noch werden, daß Humboldt durch seinen persönlichen Einfluß viel zur Errichtung zahlreicher Observatorien beitrug, welche mit Gauß'schen Apparaten ausgerüstet, mächtig zur Erweiterung unserer Kenntnisse über den Erdmagnetismus beitrugen und ermöglichten, daß dieser Zweig der Naturwissenschaften jene Ausbildung erreichte, die er gegenwärtig besitzt.

II.

Die Erde als Magnet.

Gleich in der Einleitung (S. 86) vorliegenden Werkes hatten wir Veranlaſſung, des Erdmagnetismus als einer Kraft zu gedenken, welche eine entſprechend frei beweglich aufgehängte Magnetnadel veranlaßt, eine ganz beſtimmte Lage einzunehmen; die Erde verhält ſich einer ſolchen Magnetnadel gegenüber wie ein großer Magnet. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß eine um eine verticale Axe bewegliche Magnetnadel, alſo eine Declinationsnadel, ſtets mit einem Ende nach Norden, mit dem anderen nach Süden weiſt; die Nadel ſtellt ſich alſo immer parallel zu einem Erdmagnete, deſſen magnetiſche Axe gleichfalls von Norden nach Süden gerichtet ſein muß. Dieſe magnetiſche Erdaxe kann aber nicht mit der geographiſchen zuſammenfallen, da, wie ebenfalls bereits erwähnt wurde, die Nadel nicht genau nach Norden zeigt, ſondern von dieſer Richtung etwas abweicht. Wir nannten dieſe Abweichung oder, genauer ausgedrückt, den Winkel, welchen der magnetiſche Meridian mit dem aſtronomiſchen bildet, die Declination der Nadel. Die Unterſuchungen, die an zahlreichen Punkten der Erde ausgeführt wurden, ergaben nun eine verſchiedene Declination für verſchiedene Punkte der Erde und ließen auch einen magnetiſchen Meridian erkennen, auf welchem die Declination gleich Null iſt.

Rechtfertigen bereits die mit der Declinationsnadel durchgeführten Unterſuchungen die Auffaſſung der Erde als einen großen Magnet, ſo erhält dieſe Auffaſſung noch eine weitere Stütze in dem Verhalten der Inclinationsnadel, d. h. einer um eine horizontale Axe beweglichen Magnetnadel. Auch die Inclinationsnadel ſtellt ſich, mit ihrer Schwingungsebene in den magnetiſchen

Meridian gedreht, stets in einer bestimmten Lage ein, indem sie auf der nördlichen Erdhälfte mit ihrem Nordpole, auf der südlichen Halbkugel mit ihrem Südpole nach abwärts weist; jenen Winkel, welchen die Nadel hierbei mit der horizontalen Ebene einschließt, nennen wir die Inclination. Auch diese hat sich für die verschiedenen Punkte der Erde als eine verschiedene erwiesen und ferner hat man gefunden, daß es einen magnetischen Aequator gibt, für welchen die Inclination gleich Null ist, d. h. auf welchem sich die Nadel horizontal stellt. Andererseits gibt es aber auch Punkte auf der Erde, für welche die Inclination am größten wird, d. h. 90 Grad erreicht. Diese Punkte der Erde sind dann ihre magnetischen Pole, und zwar bezeichnen wir als magnetischen Südpol der Erde jenen Pol, welchem die Inclinationsnadel ihren Nordpol zukehrt, und Nordpol der Erde jenen, dem die Südspitze der Nadel zugewandt erscheint.

Dieses Verhalten der Inclinationsnadel rechtfertigt es also gleichfalls, die Erde als einen großen Magnet aufzufassen. Ein Magnet hat aber auch die Eigenschaft, daß er weiches Eisen vorübergehend, Stahl dauernd magnetisirt; soll daher die Erde als großer Magnet gelten, so muß sie auch diese Wirkung auszuüben vermögen. Stellt man derartige Versuche an, z. B. in der Art, daß man einen Stahlstab in den magnetischen Meridian bringt und hierauf seinen magnetischen Zustand untersucht, so findet man diesen wirklich auch unserer Voraussetzung entsprechend. Wie wir wissen, hat bereits Gilbert derartige Beobachtungen zufällig gemacht und ganz richtig gedeutet (783).

Es unterliegt somit keinem Zweifel, daß man die Gesammtwirkung, welche die Erde auf unsere Magnetnadeln und Eisenstäbe ausübt, jener eines großen Stabmagnetes auf kleine Magnetnadeln oder Eisenstäbchen gleich setzen kann. Außerdem lassen uns aber die Magnetnadeln durch ihr Verhalten an gewissen räumlich begrenzten Theilen der Erdoberfläche Wirkungen erkennen, welche nicht dadurch ihre Erklärung finden können, daß wir die Erde einem großen Stabmagnete mit zwei Polen vergleichen. Diese specielle Einwirkung auf die Nadel scheint vielmehr durch einen bestimmten Gebirgszug oder sogar nur durch einzelne Steinblöcke bedingt zu sein, und man unterschied daher neben den allgemeinen Wirkungen des Erdmagnetismus noch den Gebirgs- und den Gesteinsmagnetismus. Was den Gebirgsmagnetismus anbelangt, so läßt sich bei genauerem Studium eigentlich nicht ohneweiteres einsehen, warum dieser als eine von dem Erdmagnetismus verschiedene Kraft betrachtet werden soll. »Sowie die Gebirge unbedingt Theile des Erdkörpers sind, so läßt sich,« sagt E. Naumann vielleicht mit Recht, »auch der sogenannte Gebirgsmagnetismus von dem eigentlichen Erdmagnetismus nicht trennen. Der Begriff ist durchaus künstlich entstanden und überflüssig, denn er involvirt die An-

nahme besonderer magnetischer Eigenschaften für die Gebirge, wo es sich doch nur um eine Beeinflussung des Erdmagnetismus durch Modificationen der Erdstructur handelt.« Doch hierauf wollen wir weiter unten noch ausführlicher zurückkommen.

Mit dem Gesteinsmagnetismus verhält es sich jedoch anders; es ist eine längst bekannte Thatsache, daß die Magnetnadel an gewissen Orten der Erdoberfläche sich Einflüssen ausgesetzt erweist, welche sich nur auf sehr beschränkte Räume ausdehnen, welche an ganz bestimmte Gesteinsmassen gebunden erscheinen und daher nicht mit dem Erdmagnetismus überhaupt in unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden dürfen; man wird im Gegentheile diese Einflüsse sorgfältig zu eliminiren trachten müssen, wenn man eine magnetische Aufnahme eines Landes zu machen hat.

Der Gesteinsmagnetismus scheint zuerst von Bouguer in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts beobachtet worden zu sein; der Erste jedoch, welcher den Gesteinsmagnetismus zum Gegenstande eines eingehenden Studiums machte, war A. v. Humboldt. Dieser versah nämlich damals (1796) am fränkischen Fichtelgebirge die Stelle eines Oberbergmeisters und machte seine diesbezüglichen Beobachtungen am Serpentinberge (Haidberge) bei Gefreß; er beobachtete, daß an einzelnen Punkten bis auf 22 Fuß Entfernung hin eine auf die Nadel wirkende ablenkende Kraft sich geltend machte. Humboldt und ebenso später Bischoff und Goldfuß fanden den Haidberg von magnetischen Axen durchsetzt, deren Richtungen aber verschieden angegeben wurden. Der Haidberg selbst besteht aus grünem Serpentinstein, der zum Theile in Chlorit- und Hornblendschiefer übergeht.

Bei dem Dorfe Boysaco in der Andeskette von Pasto fand Humboldt Geschiebe von Thonporphyr, bei der Besteigung des Chimborazo Gruppen säulenförmigen Trachyts, welche die Magnetnadel auf 3 Fuß Entfernung hin beeinflußten. Auffallend erscheint, daß in den schwarzen und rothen Obsidianen des Quinche nördlich von Quito, wie in dem grauen Cerro de las Navajas von Mexico große Fragmente mit bestimmten Polen gefunden werden. Sämmtliche große Magnetberge des Uralgebirges wie der Blagodat bei Kuschwa, die Wissokaja Gora bei Nishne Tagilsk, der Katschkanar bei Nishne Turinsk sind aus Augit- oder vielmehr aus Uralit-Porphyr hervorgebrochen. In dem großen Magnetberge Blagodat, welchen Humboldt mit Gustav Rose auf der sibirischen Expedition im Jahre 1829 untersuchte, scheint die Gesammtwirkung der einzelnen polarisirenden Theile schlechterdings keine bestimmte, erkennbare Magnetaxe hervorgebracht zu haben. Nahe nebeneinander liegen, unregelmäßig vermengt, entgegengesetzte Pole, wie dies auch schon von Erman beobachtet worden war.

Der Gesteinsmagnetismus ist, seitdem man auf denselben zu achten gelernt hat, durchaus keine seltene Erscheinung, sondern ist im Gegentheile so häufig zu finden, daß wir hier nur einen kleinen Theil dieser Beobachtungen anführen können. Solche machte z. B. Zimmermann im Jahre 1808 auf dem Frankensteiner Schloßberge bei Darmstadt, Reuß bei Bilin im böhmischen Mittelgebirge, Reich bei Freiberg, Nöggerath in der Eifel u. s. w. Besonderes Interesse erregten die interessanten Gesteinsbildungen im Harze, die unter dem Namen »Schnarcher« und »Hohneklippen« bekannt sind; ihre polaren Eigenschaften wurden von v. Trebra und v. Zach erkannt und durch Vieth genauer untersucht.

In neuerer Zeit (1886) hat Keller über die magnetischen Felsen von Rocca di Papa bei Rom ausführlich berichtet. Er fand bei seinen Untersuchungen einzelne Steinblöcke mit sehr kräftig entwickelter Polarität. Einer dieser Blöcke zeigte einen Südpol 0·7 Meter und einen Nordpol 0·4 Meter oberhalb der Erdoberfläche, wobei der erstere an der Nord-, der letztere an Süd-Süd-Westseite des Felsens gefunden wurde. Hierbei konnten die beiden Pole mit solcher Sicherheit angegeben werden, daß ein Irrthum von mehr als 3 bis 4 Centimeter ausgeschlossen erscheint; dies gilt namentlich für den Nordpol, während die Aufsuchung des Südpoles dadurch erschwert wurde, daß gerade hier ein vorspringender Winkel sich befindet. Weitere Pole wurden außer den beiden eben angegebenen nicht aufgefunden; Punkte der Oberfläche, welche eine sehr starke, bis zu 90 Grad gehende Ablenkung der Nadel verursachten, ergaben sich jedoch viele, woraus immerhin auf das Vorhandensein secundärer Pole geschlossen werden kann, oder doch eine solche Unregelmäßigkeit in der Vertheilung des Magnetismus angenommen werden muß, daß diese Gesteinsmassen wenig Aehnlichkeit mit magnetischen Eisenstäben zeigen. Bemerkenswert ist auch, daß die Wirksamkeit des Gesteinsmagnetismus mit der Entfernung außerordentlich rasch abnimmt.

Keller fand noch einen zweiten, gleichfalls aus Lava bestehenden Steinblock, der von dem erstbesprochenen nur ungefähr 66 Meter entfernt ist und sehr kräftigen Magnetismus zeigt. Dieser Block trägt noch zwei Steine von 1·5, beziehungsweise 1·2 Meter, an welchen sich die magnetischen Pole sehr leicht auffinden lassen. Diese Felsen sind mit ihrem Südpole beiläufig gegen Norden und mit ihrem Nordpole gegen Süden gerichtet.

Ein recht auffälliges Beispiel von Gesteinsmagnetismus wurde auch von E. Naumann gelegentlich seiner topographischen und geologischen Forschungen in Japan, über welche, den Erdmagnetismus betreffend, eine vorläufige Publication im Jahre 1887 erfolgte, beobachtet. »Vor fünf Jahren,« schreibt Naumann, »war ich so glücklich, auf dem Gipfel des ausgebrannten Vulcans

Moriyoshi einen hochinteressanten Fall von Gesteinsmagnetismus zu beobachten. Der höchste Gipfel des Berges wird von einem Kranze stumpfer Höcker umgeben. Dieser Kranz entspricht dem obliterirten Ringkrater des Vulcans. Oestlich von der Spitze liegt eine kleine Plattform, die mit Zwergkiefern und großen Lavablöcken überdeckt ist. Am Ostrande der Fläche fand sich ein körniger, lichtgrauer Augitandesitblock von genau demselben Aussehen und genau derselben Beschaffenheit, wie sämmtliche in der Nähe liegenden Gesteinsklötze. Seine Dimensionen waren $1{\cdot}9 \times 1{\cdot}5 \times 1{\cdot}5$ Meter. Der betreffende Lavablock ließ eine so kräftige Einwirkung auf die Magnetnadel erkennen, daß dieselbe um nicht weniger als 155 Grad gedreht wurde. Hielt ich den Compaß bei aufrechtem Stehen auf dem Block in der Hand, so war nur eine geringfügige Ablenkung zu bemerken; dagegen bewegte sich die Nadel bei Annäherung gegen die Oberfläche sehr entschieden um einen großen Betrag aus ihrer normalen Richtung heraus. Die Abweichung war an verschiedenen Punkten sehr verschieden. Keiner der in der Nachbarschaft liegenden größeren oder kleineren Lavaklötze ließ irgend welche Spur von Magnetismus erkennen. Abgeschlagene Handstücke erwiesen sich in auffallendster Weise polarmagnetisch und hatten diese Eigenschaft Jahre später nicht im Mindesten verloren. Das Gestein des Blockes zeichnet sich keineswegs durch einen irgend bedeutenden Gehalt an Magneteisen aus. Man kann, erklärt Naumann, der Versuchung nicht widerstehen, die Magnetisirung des Lavaklotzes einem Blitzschlage zuzuschreiben; jedenfalls dürfte eine bessere Erklärung kaum zu finden sein. Eine auf diese Art bewirkte Magnetisirung ist übrigens auch von Freiesleben für die Schnarcher des Harzes angenommen worden.

Im allgemeinen besitzen hauptsächlich solche Mineralien magnetische Eigenschaften, die sich durch einen größeren oder geringeren Gehalt von Eisenoxydul oder überhaupt von Eisen auszeichnen. Den Magnetismus scheinen auch chemische Zersetzungen zu begünstigen, durch welche die Zusammensetzung der betreffenden Mineralien geändert wird. Daß Magneteisen, wo es als wesentlicher Gemengtheil eines Gesteines auftritt, auf den Magnetismus desselben von größtem Einflusse ist, versteht sich wohl von selbst. Immerhin scheinen aber die angeführten Verhältnisse nicht die ausschließlichen Bedingungen für den Gesteinsmagnetismus zu sein, sondern ist dieser an den verschiedenartigst zusammengesetzten Gesteinen und namentlich häufig an solchen vulcanischen Ursprungs zu beobachten; Gesteinsmagnetismus wurde nachgewiesen an Andesiten, Basalten, Dioriten, Graniten, Porphyren u. s. w. Melloni sprach die Ansicht aus, daß allen eisenhältigen Eruptivgesteinen ein polarmagnetisches Verhalten zuzuschreiben sei, und daß sie dieses der Einwirkung des Erdmagnetismus, zur Zeit als sie noch feurigflüssig waren, zu

verdanken hätten. Für diese Ansicht spricht auch die häufig beobachtete Unregelmäßigkeit in den Anzeigen der Magnetnadel auf Vulcanen. So fand Knipping, wie Naumann berichtet, bedeutende Abweichungen auf dem Gipfel des Nantaisan in Japan; sehr beträchtliche Differenzen ergaben Naumann's Messungen für verschiedene Punkte des Chokai-Gipfels, und daß man auf dem Fujinoyama beim Gebrauche der Magnetnadel sehr vorsichtig sein muß, das beweisen die oft im hohen Grade magnetischen Bomben, welche sich auf den Flanken des Kegels finden.

Besondere Beachtung verdient auch der übrigens schon im vorigen Jahrhundert beobachtete, aber auch heute noch wenig erforschte Umstand, daß die magnetischen Erze an der Erdoberfläche anders wirken als in der Tiefe. Gmelin und Gibbs haben bereits einen Einfluß der Atmosphäre auf die Ausbildung der magnetischen Polarität behauptet und Zaddach stellte sehr eingehende Beobachtungen über die magnetische Polarität des Basaltes und der trachytischen Gesteine (1851) an. Aus Vergleichung vieler Basaltsteinbrüche in Hinsicht auf die Polarität der schon lange einzeln stehenden Säulen oder solcher Säulenwände, die jetzt erst in Berührung mit der Atmosphäre kommen, aus Entblößung von Erde einzelner Massen gegen die Tiefe hin glaubte Zaddach folgern zu können, daß die polarische Eigenschaft, welche bei freiem Zutritt der Atmosphäre und in einem von offenen Spalten durchsetzten Gestein immer am intensivsten erscheint, sich von außen nach innen und gewöhnlich von oben nach unten zu verbreitet. Gmelin sagt (in Humboldt's Kosmos) von dem großen Magnetberg Ulu-utasse-Tau im Lande der Baschkiren, nahe am Zaik: »Die Seiten, welche dem Tage ausgesetzt sind, haben die stärkste magnetische Kraft; diejenigen aber, welche in der Erde liegen, sind viel schwächer.« Von der Magneteisengrube bei Succassuny in New-Jersey behauptet Gibbs, daß das in derselben gefundene Erz zunächst durchaus keinen Magnetismus zeigt, sondern daß dieser sich erst entwickelt, nachdem die Atmosphäre längere Zeit auf das Erz eingewirkt habe. Förstemann, welcher das magnetische Verhalten der Basalte und Laven der Eifel studirte, kam zu dem Resultate, daß sich zumeist freistehende, der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzte Felsen magnetisch erweisen; im Walde liegende, mit einer Moosdecke bekleidete Blöcke zeigten jedoch keine Einwirkung auf die Magnetnadel.

Kreil schreibt den Eisenerzlagern eine große Wirkung auf die Magnetnadel zu, konnte aber andererseits selbst im St. Michaelstollen, dem ergiebigsten Stollen des Bergwerkes zu Eisenerz, keine bemerkenswerten Abweichungen der Intensität beobachten. Smock erzählt von der erfolgreichen Anwendung der Magnetnadel zur Aufsuchung von Magneteisenerz-Lagerstätten in New-

Jersey; in diesem Staate soll ein großer Theil der letzteren durch die Inclinationsnadel aufgefunden worden sein. Andererseits äußert sich Smock aber auch dahin, daß zuweilen über großen bekannten Erzgängen nur geringe Ablenkungen oder Aenderungen der Intensität beobachtet werden, daß also das Verhalten der Magnetnadel keinen sicheren Schluß auf das Vorhandensein und die Menge der Erze zu ziehen gestattet.

Naumann zieht aus diesen immerhin spärlichen Beobachtungen den Schluß, daß der Gesteinsmagnetismus ein Phänomen ist, welches an die Oberfläche gebunden erscheint.

III.

Magnetische Warten und Instrumente.

Wie bereits in einem früheren Abschnitte (S. 808) erwähnt, ging der erste Impuls zur Errichtung magnetischer Warten von A. v. Humboldt aus, und wenn es diesem selbst noch gegönnt war, die Errichtung zahlreicher magnetischer Häuser in beiden Hemisphären zu erleben, so dankte er dies hauptsächlich der kräftigen und ausdauernden Unterstützung der russischen und der englischen Regierung. A. v. Humboldt war im Jahre 1806 und 1807 mit magnetischen Arbeiten in Berlin beschäftigt. Schon damals äußerte er, als magnetische Perturbationen (Ungewitter) bisweilen in mehreren aufeinander folgenden Nächten zu denselben Stunden wiederkehrten, den Wunsch nach gleichzeitigen und gleichwertigen Beobachtungen östlich und westlich von Berlin, um hierdurch allgemeine tellurische Phänomene von localen Störungen unterscheiden zu können. Damals mußte jedoch der politischen Verhältnisse wegen hiervon abgesehen werden. Im Jahre 1828 ließ Humboldt endlich in Berlin ein kleines magnetisches Haus errichten, sowohl um die im Jahre 1806 begonnene Arbeit fortzusetzen, als hauptsächlich darum, um zu vorher verabredeten Stunden gleichzeitig in Berlin, Paris und Freiberg (in einer Teufe von 70 Meter unter Tage) beobachten zu können. Schon damals war es möglich, die Gleichzeitigkeit der Perturbationen und den Parallelismus der Bewegungen für October und December 1829 graphisch darzustellen.

Die Errichtung zahlreicher magnetischer Stationen ging dann, wie Humboldt in seinem Kosmos erzählt, in folgender Weise vor sich. Eine auf Befehl des Kaisers von Rußland im Jahre 1829 unternommene Expe-

dition im nördlichen Asien gab mir bald Gelegenheit, meinen Plan in einem größeren Maße auszudehnen. Es wurde dieser Plan in einer von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften speciell ernannten Commission entwickelt, und unter dem Schutze des Chefs des Bergcorps, Grafen v. Cancrin, und der vortrefflichen Leitung des Prof. Kupffer kamen magnetische Stationen von Nicolajeff an durch das ganze nördliche Asien über Catharinenburg, Barnaul und Nertschinsk bis Peking zustande. Das Jahr 1832 bezeichnet die große Epoche, in welcher der tiefsinnige Gründer einer allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, F. Gauß, in der Göttinger Sternwarte die nach neuen Principien construirten Apparate aufstellte. Das magnetische Observatorium war 1834 vollendet, und in demselben Jahre verbreitete Gauß seine Instrumente und Beobachtungsmethode, an denen der sinnreiche Physiker W. Weber den lebhaftesten Antheil nahm, über einen großen Theil von Deutschland, Schweden und ganz Italien. In diesem nun von Göttingen wie von einem Centrum ausgehenden magnetischen Vereine wurden seit 1836 vier Jahrestermine von 24stündiger Dauer festgesetzt, welche mit denen der Aequinoctien und Solstitien, die ich befolgt und 1830 vorgeschlagen hatte, nicht übereinstimmten. Bis dahin hatte Großbritannien, im Besitze des größten Welthandels und der ausgedehntesten Schiffahrt, keinen Theil an der Bewegung genommen, welche seit 1828 wichtige Resultate für die ernstere Ergründung des tellurischen Magnetismus zu verheißen anfing. Ich war so glücklich, durch eine öffentliche Aufforderung, die ich von Berlin aus unmittelbar an den damaligen Präsidenten der königlichen Societät zu London, den Herzog von Sussex, im April 1836 richtete, ein wohlwollendes Interesse für ein Unternehmen zu erregen, dessen Erweiterung längst das Ziel meiner heißesten Wünsche war. Ich drang in dem Briefe an den Herzog von Sussex auf permanente Stationen in Canada, St. Helena, auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung, Isle de France, Ceylon und Neuholland, welche ich schon fünf Jahre früher als vortheilhaft bezeichnet hatte. Es wurde in dem Schlosse der Royal Society ein Joint Physical and Meteorological Committee ernannt, welches der Regierung neben den fixed magnetic Observatories in beiden Hemisphären ein equipment of a naval Expedition for magnetic observations in the Antarctic Seas vorschlug.... Im Juni 1839 wurde die magnetische antarktische Expedition unter dem Befehle des Capitäns James Clark Roß beschlossen.... Das Resultat derselben bestand neben wichtigen geographischen Entdeckungen am Südpole in den gleichzeitigen Beobachtungen in 8 bis 10 magnetischen Stationen.

Wir wollen nunmehr die Einrichtungen solcher magnetischer Stationen, wie sie dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft entsprechen, an einem

speciellen Beispiele näher kennen lernen und folgen hierbei einer Beschreibung der magnetischen Warte im Park Saint-Maur bei Paris, die Th. Moureaux

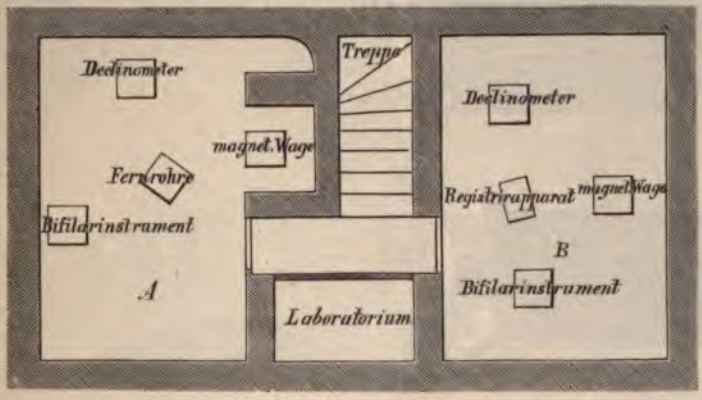
Magnetische Warte im Parke von Saint-Maur.

in der Zeitschrift »La Nature« veröffentlicht und durch entsprechende Abbildungen erläutert hat.

Die Aufgabe einer magnetischen Warte besteht der Hauptsache nach in der Beobachtung und Aufzeichnung der Richtung und Intensität der erdmagnetischen Kraft; die Richtung dieser Kraft wird durch die Declination und Inclination bestimmt. Zur Messung der Intensität pflegt man diese gewöhnlich in ihre beiden Componenten, die horizontale und verticale, zu zerlegen. Kennt man die Declination, Inclination und eine dieser Componenten, so kann die andere durch Rechnung bestimmt werden und daher begnügt man sich in der Regel auch damit, nur eine dieser Componenten, die horizontale, durch Messung zu bestimmen. Diese allgemeinen Bemerkungen vorausgeschickt, gehen wir nun zur Beschreibung der magnetischen Warte selbst über.

Der Park Saint-Maur liegt südöstlich von Paris innerhalb einer Schlinge, welche die Marne vor ihrer Vereinigung mit der Seine bildet. Die

Fig. 308.



Keller der Warte Saint-Maur.

magnetische Warte daselbst wurde nach Mascart's Angaben im Jahre 1882 erbaut und eingerichtet und steht unter der Leitung Renou's. Die Warte welche auf diesem etwa 3 Hektaren umfassenden Raume sich befindet, wurde in ihren Dimensionen möglichst klein gehalten (7 Meter lang und 5 Meter breit); ihre kurze Seite ist nach dem geographischen Meridiane orientirt (Fig. 307). Dieses Häuschen, bei dessen Bau und Einrichtung alles Eisen und jede magnetische Substanz ausgeschlossen wurde, bildet in seinem Erdgeschosse nur einen einzigen Raum, welcher zur Ausführung verschiedener Experimente bestimmt ist. Die Beobachtungsinstrumente haben in gewölbten Kellerräumen ihre Aufstellung erhalten; ihre Vertheilung ersieht man aus dem Grundrisse, Figur 308. Der westlich gelegene Kellerraum A enthält nur Instrumente für directe Ablesungen, der östlich gelegene B beherbergt

die Regiſtrirapparate. Zwiſchen dieſen beiden Räumen, die durch einen Gang mit einander verbunden ſind, befinden ſich das Laboratorium für photographiſche

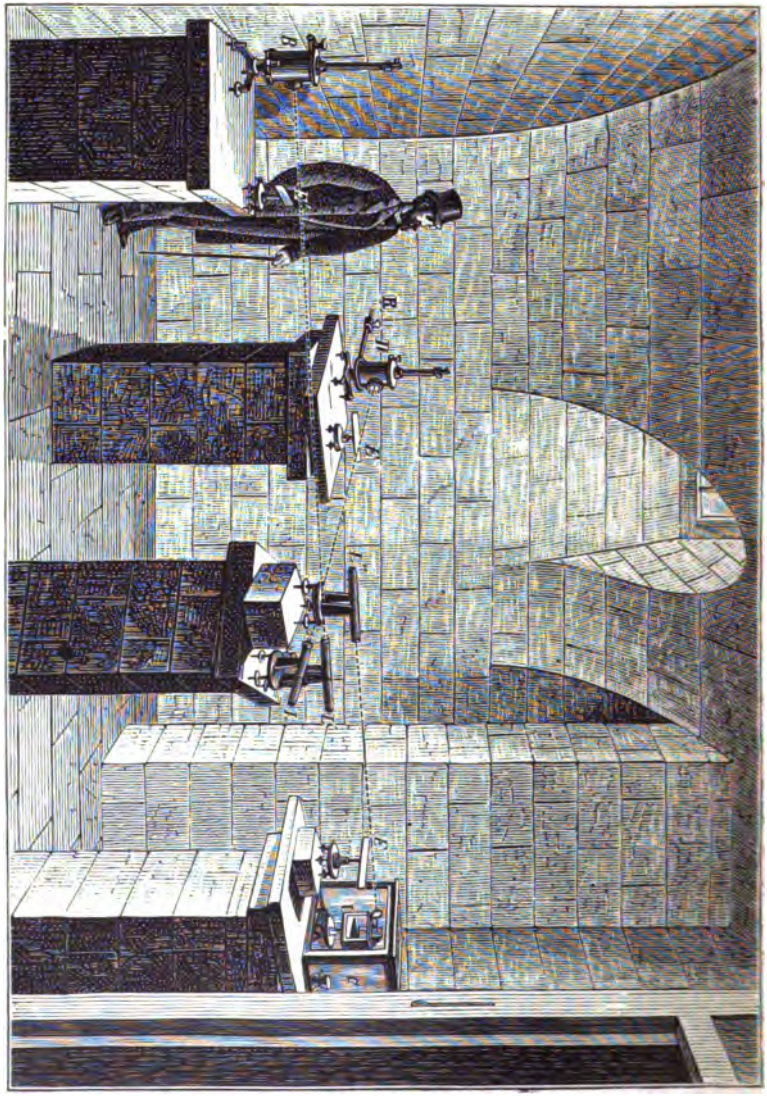


Fig. 309.

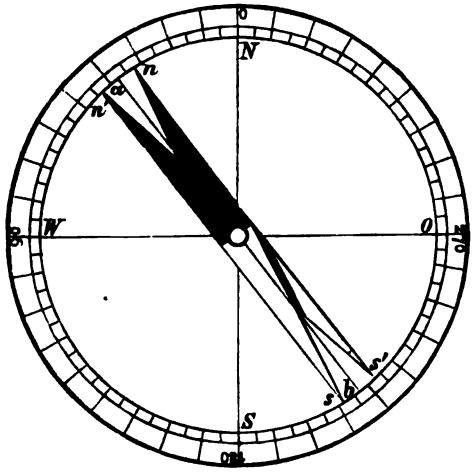
Weſtlicher Keller des Obſervatoriums in Saint-Maur.

Arbeiten und eine Treppe. An drei Seiten herabgeführte Luftzüge ſorgen für die nothwendige Luftzufuhr, ohne der Feuchtigkeit Zutritt zu geſtatten.

Der Grad der Magnetisirung oder das magnetische Moment der Magnete wird aber auch durch Temperaturänderungen beinflußt; um Irrthümer, die hierdurch bewirkt werden können, zu vermeiden, sucht man daher die Instrumente der Einwirkung plötzlicher Temperaturänderungen so viel als möglich zu entziehen. Man erreicht dies aber durch Aufstellung in Kellerräumen, vorausgesetzt, daß diese trocken und gut gelüftet sind.

Zur Beobachtung der Veränderungen des Erdmagnetismus dienen drei Instrumente: das Declinometer, das Bifilarinstrument und die magnetische Wage. Sie sind sämmtlich auf gemauerten Pfeilern unveränderlich aufgestellt, welch' letztere mindestens je 2 Meter von einander entfernt sind; man hat

Fig. 310.



Zur Methode des Umkehrens.

sich nämlich vorher durch Versuche davon überzeugt, daß diese Entfernung ausreicht, um Einwirkungen der Magnetstäbe der Apparate aufeinander auszuschließen. Figur 309 gibt eine Ansicht des Kellerraumes und der darin aufgestellten Instrumente. Es bezeichnen hierbei D das Declinometer, B das Bifilarinstrument, O die magnetische Wage und L die Ablesungs-Fernrohre.

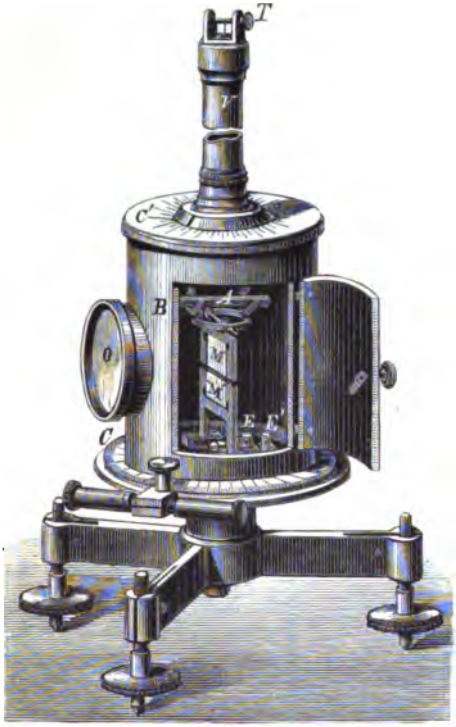
Man bediente sich anfänglich zu Messungen der Declination einfacher Declinationsbussolen und las hierbei die Stellung der Magnetnadel direct an der darunter angebrachten Kreistheilung ab. Ist der an seinen Enden mit 0 und 180 bezeichnete Durchmesser genau in den astronomischen Meridian eingestellt, so wäre eine directe Ablesung der Declination allerdings zuläßig, wenn die geometrische Axe der Nadel mit ihrer magnetischen Axe

genau zusammenfallen würde. Da dies aber in der Regel nicht der Fall sein wird, so muß die directe Ablesung corrigirt werden, wenn man die wirkliche Declination erhalten will. Diese Correction wird durch die Methode des Umkehrens ausgeführt. Um diese zu ermöglichen, darf natürlich die Nadel mit ihrem Hütchen nicht fest verbunden sein, sondern muß sich von diesem abheben lassen, damit sie dann auf die andere Seite gewendet und neuerdings auf das Hütchen gelegt werden kann. Stellt n s in Figur 310 die Lage einer Magnetnadel dar, deren magnetische Axe in die Linie a b fällt, so würde man bei directer Ablesung offenbar eine zu kleine Gradzahl erhalten; wird aber hierauf die Nadel so aufgelegt, daß nunmehr ihre untere Fläche zur oberen Fläche wird und umgekehrt, so wird sich die Nadel in die Richtung n' s' einstellen. Jetzt würde man bei directer Ablesung der Nadel die Declination um eben so viel Grade zu groß erhalten, als man sie vorher zu klein bekommen hat; die wahre Declination ist daher offenbar gleich dem Mittel aus beiden Ablesungen.

Das Declinometer, welches im Parke von Saint-Maur aufgestellt ist, besteht im Wesentlichen aus einer metallischen cylindrischen Büchse B, Figur 311, von 10 Centimeter Höhe und 8 Centimeter Durchmesser, die auf einem mit Stellschrauben versehenen Dreifuß um ihre verticale Axe drehbar befestigt ist, so daß sie bei ihrer Drehung den am unteren Ende befestigten getheilten Kreis C mitnimmt. An ihrer Vorderseite besitzt sie eine kreisförmige Oeffnung O, welche durch eine Sammellinse von 1 Millimeter Brennweite verschlossen ist. Ein Metallrohr V von 17 Centimeter Höhe, welches mit seinem unteren Ende auf einem gleichfalls, aber nur von 10 zu 10 Graden getheilten Kreise aufsitzt, trägt an seinem oberen Ende den um eine horizontale Axe drehbaren Stift T, an welchem der Aufhängefaden für den Magnetstab befestigt ist; es wird hierzu ein einfacher Coconfaden von 25 bis 30 Centimeter Länge verwendet. Der Magnetstab A besitzt einen quadratischen Querschnitt und ist nur 5 Centimeter lang; der Bügel, welcher den Stab aufnimmt, trägt auch den Spiegel M, der sämmtliche Bewegungen des Stabes mitmachen muß. Der darunter befindliche Spiegel M' befindet sich in einem Rahmen, der mit der metallischen Büchse fest verbunden ist; seine Stellung kann in horizontaler und verticaler Richtung durch die Schrauben E E' regulirt werden. Die Einzelheiten dieser Aufstellung sind aus Figur 312 deutlich zu ersehen. Der verticale Rahmen ist auf der oberen Hälfte a der Doppelplatte a b verschraubt, welche durch eine die Bohrung c durchsetzende Schraube in der Metallbüchse befestigt wird. Die Schraube E hat ihre Mutter in der oberen Plattenhälfte a und stemmt sich mit ihrem unteren stumpfen Ende gegen die untere Plattenhälfte b; somit wird ein

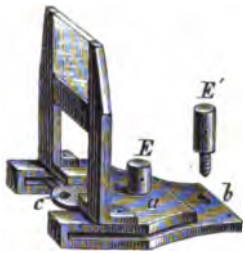
Nachlaſſen oder ein Anziehen dieſer Schraube die Neigung des Spiegels gegen die horizontale Ebene in der einen oder der entgegengeſetzten Richtung zur

Fig. 311.



Declinometer.

Fig. 312.

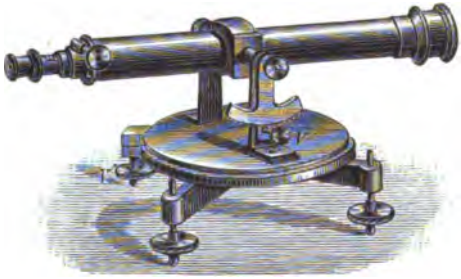


Feſtſtehender Spiegel des Declinometers.

Fig. 313.

Beweglicher Spiegel des Declinometers.

Fig. 314.



Ableſe-Fernrohr.

Folge haben müſſen. Die Schraube E' hat ihre Mutter in der Grundplatte der Metallbüchſe und durchſetzt die untere Plattenhälfte b unter Vermittlung

eines Schlitzes; diese Einrichtung ermöglicht die Bewegung des Spiegels um seine verticale, durch c gehende Axe. Der Bügel zur Aufhängung des Magnetstabes und des Spiegels M ist in Figur 313 separat dargestellt.

Das Ablese-Fernrohr, Figur 314, ist mit einem Fadenkranze versehen und auf unendliche Entfernung einstellbar; die Einstellung des Oculars erfolgt mit Hilfe eines Zahngetriebes. Das Fernrohr ruht auf einem Dreifuße, der mit Stellschrauben versehen ist; die Klemmschrauben V V' dienen zur Fixirung des Rohres in verticaler und horizontaler Richtung. Die dazu gehörige Scala, Figur 315, deren Bild in das Gesichtsfeld des Fernrohres projicirt wird, ist auf einer Elfenbeinplatte E eingravirt; sie ist auf halbe Millimeter getheilt und besitzt eine Gesammtlänge von 20 Centimeter. Sie ist in ihrer Mitte auf einer Metallschiene R befestigt, welche von der Säule C getragen wird; diese paßt mit sanfter Reibung in eine Metallhülse, welche endlich mit der mit Stellschrauben versehenen Grundplatte des Apparates fest verbunden ist. Die Säule C kann in der Hülse sowohl gedreht als auch in verticaler Richtung verschoben und dann durch die Klemmschraube V in der gewünschten Lage fixirt werden. Durch die Schrauben V' V'', welche in der Metallschiene R an deren beiden Enden ihre Muttern haben und mit stumpfen Enden gegen die Elfenbeinscala stoßen, kann dieser eine derartige Krümmung gegeben werden, daß letztere einem Kreise entspricht, dessen Halbmesser gleich ist der Entfernung des Fernrohres von der Scala, d. h. also, daß sich alle Punkte der Scala in gleicher Entfernung von dem Ablesungs-Fernrohre befinden.

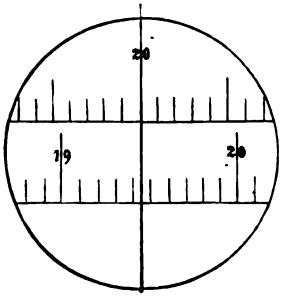
In Figur 309 ist das zum Declinometer D gehörige Ablese-Fernrohr mit S bezeichnet und die dazugehörige Scala befindet sich bei E. Diese Apparate sind derart angeordnet und eingestellt, daß man die Bilder der Elfenbeinscala im Fernrohre erblickt, wenn man die Elfenbeinscala selbst durch irgend eine Lichtquelle, z. B. durch eine kleine Lampe oder selbst auch durch eine Kerze beleuchtet; es entstehen dann in den Spiegeln M M' des Declinometers (Fig. 311) Bilder der Scala und auf diese ist das Fernrohr gerichtet. Im letzteren erblickt man daher stets zwei Bilder (Fig. 316); das eine, nämlich das durch den feststehenden Spiegel erzeugte, Scalenbild dient bloß zur Einstellung; das andere, welches von dem am Magnetstabe befestigten Spiegel herrührt, macht vollkommen genau alle Bewegungen des Magnetstabes mit und läßt die Aenderungen der Declination in Scalentheilen angeben. Den Winkelwert eines Scalentheiles hat man früher in der Weise ermittelt, daß man die Metallbüchse des Declinometers um einige Grade drehte, den Kreis C sehr genau ablas und dann die Verschiebung der beiden Scalenbilder im Fernrohre beobachtete. In unserem Falle ergab sich für einen

Scalentheil ein Winkelwert von 2 Minuten; da man ferner noch bis auf 0·1 durch das Auge schätzen kann, so lassen sich annähernd noch 0·2 Minuten oder 12 Bogensecunden bestimmen.

Fig. 315.

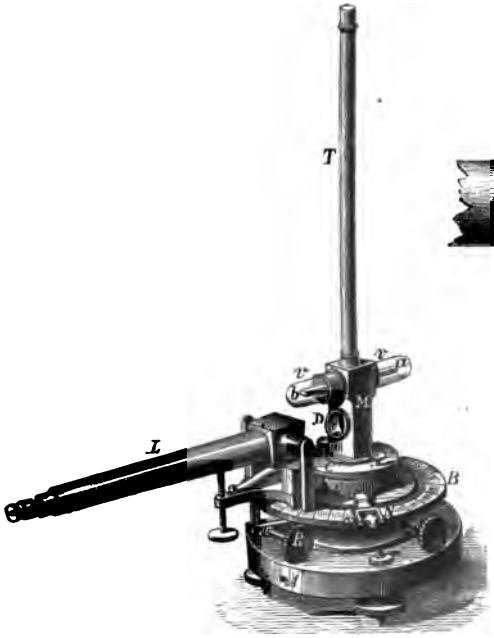
Scala.

Fig. 316.



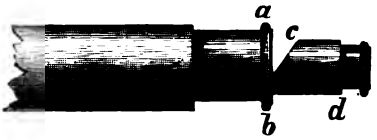
Scalenbilder im Fernrohr.

Fig. 317.



Lamont's Declinatorium.

Fig. 318.



Lamont's Ocular.

Es ist einleuchtend, daß es, um das magnetische Verhalten der Erde zu erkennen, nicht genügen kann, dieses Verhalten nur an einzelnen Punkten

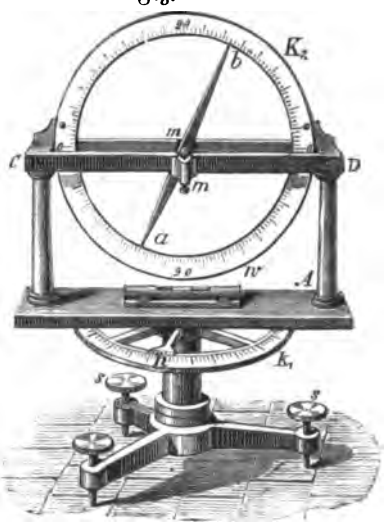
der Erdoberfläche zu beobachten, sondern daß hierzu möglichst zahlreiche Beobachtungen an möglichst vielen Punkten der Erde angestellt werden müssen. Hieraus folgt aber, daß die Messungen und Beobachtungen der ständigen magnetischen Warten noch eine Ergänzung finden müssen durch solche außerhalb der letzteren.

Ein Instrument, welches gestattet, die magnetischen Constanten mit möglichster Genauigkeit zu bestimmen, dabei aber doch hinlänglich einfach und transportabel ist, um auch an Orten Verwendung finden zu können, an welchen kein Observatorium zur Verfügung steht, ist der von Lamont construirte und seither nicht selten modificirte magnetische Theodolit (Fig. 317). Er besteht aus einer durch Schrauben horizontal stellbaren Grundplatte A aus Messing, auf welcher eine zweite Platte B, die einen auf Silber getheilten Kreis besitzt, fest und unverrückbar aufgesetzt ist. Genau durch die Mitte dieser beiden Platten geht ein drehbarer Messingzapfen, der an seinem oberen Ende mit einer dicken Scheibe versehen ist, an welcher das Fernrohr L und zwei einander diametral gegenüberstehende Nonien N befestigt sind. Ist das Fernrohr mit seiner Axe in den astronomischen Meridian eingestellt, so liest man die Anzeigen der Nonien ab und stellt den nun zu beschreibenden Theil des Apparates auf die oberste Messingplatte. Dieser Theil besteht aus einem rechtwinkeligen Messinggehäuse M, welches oben ein Rohr F trägt, in welchem der Coconfaden herabhängt, der zur Aufhängung des Magnetstabes a b dient. Das Messinggehäuse ist in der Höhe des Magnetes, um diesen durchzulassen, durchbrochen, und diese beiden Oeffnungen sind durch eingesetzte Glasröhren v v zum Schutze des Magnetes gegen Luftzug verschlossen. Der zum Tragen des Magnetes bestimmte Träger ist nach abwärts verlängert und besitzt einen kleinen Spiegel, welcher mit seiner Ebene auf der magnetischen Axe des Stabes genau senkrecht steht; in der Höhe dieses Spiegels ist das Messinggehäuse gleichfalls durchbrochen und durch eine Glasplatte D verschlossen. Der jetzt beschriebene Theil des Apparates wird derart aufgestellt, daß jene Rechteckfläche des Messinggehäuses, auf welcher sich das Fensterchen D befindet, senkrecht steht auf der optischen Axe des Fernrohres. Dann dreht man das Fernrohr so lange, bis der an dieser Bewegung theilnehmende Magnetstab in dem Rohre v v frei schwingen kann. Jetzt stellt man das Fernrohr genau senkrecht auf das Spiegelchen bei D und bekommt dadurch die optische Axe des Fernrohres parallel zum Magnetstabe. Liest man hierauf den Winkel, um welchen das Fernrohr aus seiner ersten Stellung gedreht wurde, ab, so ist dies die gesuchte Declination.

Um ein genaues Senkrechtstellen der Fernrohraxe auf das Spiegelchen zu ermöglichen, befindet sich im Fernrohre an Stelle des sonst gebräuchlichen

Fadenkreuzes eine Spiegelplatte, in welche ein Kreuz eingeritzt ist. Von letzterem entwirft der Spiegel D ein Bild, welches mit dem Kreuze selbst nur dann genau zusammenfällt, wenn die Fernrohraxe auf dem Spiegel vollkommen genau senkrecht steht, weil nur in dieser Stellung die vom Kreuze ausgehenden Lichtstrahlen senkrecht auf den Spiegel treffen und in sich selbst reflectirt werden. In der Detailfigur 318 befindet sich die Spiegelplatte bei a b, und das Ocular steckt in der Hülse c d; diese ist von oben her zur Hälfte eingeschnitten, um in diesen Einschnitt ein Spiegelchen einsetzen zu können, dessen Aufgabe es ist, das auf der Platte bei a b eingeritzte Kreuz zu beleuchten.

Fig. 319.



Inclinatorium.

Die Inclination bestimmt man mittelst der Inclinatorien. Hierbei muß die Magnetnadel entweder ganz frei, nur in ihrem Schwerpunkte durch einen Coconfaden aufgehängt oder doch wenigstens um eine horizontale Axe leicht beweglich sein. Im letzteren Falle muß die horizontale Axe genau durch den Schwerpunkt gehen, da sonst die Schwerkraft auf die Stellung der Nadel mit einwirkt; ebenso auch muß die Reibung der Axe in ihren bezüglichen Lagern möglichst vermindert werden.

Ein derartiges Inclinatorium ist in Figur 319 abgebildet. Auf einem massiven Dreifuße ist ein horizontaler getheilter Kreis k_1 angebracht, durch dessen Mittelpunkt die Drehaxe des verticalen Kreises K_2 geht; die Verbindung des verticalen Kreises mit seinem Drehzapfen vermittelt das Gestelle A B C D, welches auf seiner Bodenfläche eine Wasserwage w trägt. Diese und die Stellschrauben s dienen zur genauen Horizontalstellung des Kreises k_1 und somit auch zur gleichzeitigen Verticalstellung des Kreises K_2. Zur Ablesung an dem horizontalen Kreise dient der mit A B festverbundene Nonius n. Im Mittelpunkte des Verticalkreises K_2 ist die Magnetnadel a b gelagert; ihre Drehaxe besteht aus einem dünnen Stahlstabe und dieser dreht sich auf Achatplatten, welche auf den Messingstücken m m befestigt sind. Die Nadel hat eine Länge von beiläufig 30 Centimeter und muß mit ihren spitzen Enden genau auf die Theilung einspielen, welch' letztere Meyerstein in Göttingen spiegelnd machte, um ein seitliches Daraufsehen bei der Ablesung hintan-

zuhalten. Um mit diesem Apparate die Inclination zu bestimmen, stellt man zunächst den Kreis k_1 durch die Stellschrauben s genau horizontal, beziehungsweise den Kreis K_2 vertical. Dann wird der Verticalkreis mit der Nadel in den magnetischen Meridian gedreht und der Winkel abgelesen, welchen die magnetische Axe mit der Horizontalebene bildet. Um hierbei Fehler zu vermeiden, liest man diesen Winkel an beiden Spitzen der Nadel ab und nimmt aus beiden Ablesungen das Mittel; aus demselben Grunde bringt man auch die Nadel mehrmals aus der Gleichgewichtslage und macht, sobald sie dieselbe wieder erlangt hat, jedesmal wieder beide Ablesungen.

Das Mittel sämmtlicher Ablesungen wird dann als die richtige Anzeige betrachtet.

Zur Feststellung des magnetischen Zustandes der Erde ist außer der Kenntniß der Declination und Inclination auch jene der Intensität nothwendig. Gauß hat, um die Veränderungen der Intensität genau verfolgen zu können, ebenfalls ein Instrument, das Bifilarmagnetometer, construirt. Das Princip desselben ist folgendes. Wird ein Körper an zwei parallelen Fäden derart aufgehängt, daß er in einer horizontalen Ebene schwingen kann, so befindet er sich dann im Gleichgewichte, wenn die beiden Fäden in einer verticalen Ebene liegen und der Schwerpunkt des Körpers sich in derselben Ebene befindet. Läßt man dann den Körper schwingen, so werden die beiden Fäden gegeneinander verdreht und wird gleichzeitig der Körper abwechselnd etwas gehoben und gesenkt. Durch das Herausdrehen des Körpers aus seiner Gleichgewichtslage entsteht in dieser Art ein Drehungsmoment, welches den Körper wieder in seine ursprüngliche Lage zurückzuführen strebt.

Die durch die Verdrehung der Fäden bewirkte Directionskraft ist leicht zu bestimmen.

Wird an Stelle des aufgehängten Körpers ein Magnet angewandt, so wirken auf dessen Stellung zwei Kräfte ein, nämlich die Directionskraft der Fäden und die Directionskraft des Erdmagnetismus. Hierbei sind drei Fälle denkbar. Die Ebene der Fäden steht senkrecht auf dem magnetischen Meridian und die Magnetnadel befindet sich im magnetischen Meridiane, indem ihr Nordpol nach Norden und ihr Südpol nach Süden zeigt. In diesem Falle befindet sich der Magnet natürlich im Gleichgewichte, und die Kraft, mit welcher er in diesem erhalten wird, ist gleich der Summe der Directionskräfte des Erdmagnetismus und der Fäden. Im zweiten Falle steht die Ebene der Fäden gleichfalls senkrecht auf dem magnetischen Meridiane und befindet sich die Magnetnadel im Meridiane, aber sie ist um 180 Grad gedreht, d. h. ihr Nordpol zeigt nach Süden, ihr Südpol nach Norden. Auch in diesem Falle kann sich der Magnet im Gleichgewichte befinden; dann muß aber die

Directionskraft infolge der Aufhängevorrichtung größer sein als jene des Erdmagnetismus. Die Kraft, mit welcher jetzt die Nadel in ihrer Lage erhalten wird, ist aber gleich der Differenz der beiden Drehkräfte. Ist jedoch die magnetische Directionskraft größer als die durch die Art der Aufhängung hervorgebrachte, so kehrt sich der Magnet, aus seiner Lage herausgebracht, um 180 Grad um.

Der letzte mögliche Fall ist endlich jener, in welchem die Ebene der Fäden mit dem magnetischen Meridiane einen Winkel einschließt, der kleiner ist als 90 Grad. Nun hängt die Stellung des Magnetes von dem Verhältnisse beider Directionskräfte und dem Winkel ab, welchen die magnetische Axe des Stabes mit der Ebene der Fäden einschließt. Jede Aenderung der magnetischen Richtkraft muß eine Aenderung der Stellung des Stabes bewirken. Nimmt z. B. die magnetische Kraft zu, so wird der Stab seine Gleichgewichtslage verlassen und einen größeren Winkel mit der ursprünglichen Ebene der Fäden einzuschließen streben. Dadurch wird aber auch die Verdrehung der Fäden eine größere und infolge dessen auch die von diesen ausgeübte Richtkraft. Der Stab wird deshalb neuerdings eine Gleichgewichtslage einnehmen, sobald der neue Winkel dem geänderten Verhältnisse beider Richtkräfte entspricht.

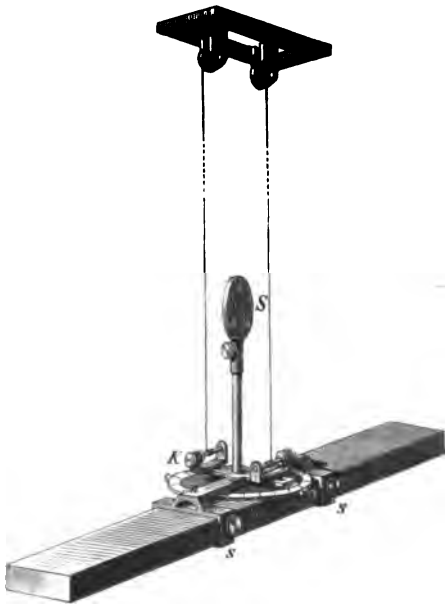
Der zuletzt betrachtete Fall ist jener, welcher zur Lösung der gestellten Aufgabe am geeignetsten erscheint und welcher daher auch von Gauß benützt wurde.

Der Magnetstab ist in ein Schiffchen s s, Figur 320, gelagert, und dieses hängt an einem langen, oben über zwei Rollen laufenden Drahte, dessen untere Enden an zwei Schrauben befestigt sind, durch welche der Draht verlängert oder verkürzt werden kann. Die Schrauben selbst drehen sich in zwei an dem getheilten Kreise K angebrachten Messinganſätzen. Das Schiffchen mit dem Magnetstabe kann gegen den Kreis mit den damit verbundenen Drähten gedreht werden und diese Drehung ist durch einen Nonius ablesbar. Ferner ist im Mittelpunkte des Kreises ein Säulchen, gleichfalls mit Nonius versehen, angebracht, welches den Spiegel S trägt. Der Spiegel dient dazu, um in ein in einiger Entfernung davon aufgestelltes Fernrohr die Theilstriche einer unter demselben befestigten Scala zu reflectiren. Durch diese Einrichtung ist die Drehung des Kreises und somit auch der Metalldrähte mit großer Genauigkeit meßbar.

Um mit diesem Apparate Messungen anzustellen, ersetzt man zunächst den Magnet durch einen gleich schweren, nicht magnetischen Körper. Man bewirkt dadurch, daß sich das Schiffchen ausschließlich der Directionskraft der Metalldrähte entsprechend einstellt. Jetzt dreht man das Schiffchen genau in

den magnetischen Meridian, stellt den Spiegel so, daß er das Bild der Scala in das Fernrohr reflectirt, und beobachtet die Schwingungen. Man erhält hierdurch die Directionskraft der Metalldrähte, die übrigens so gewählt werden muß, daß sie die Richtkraft des Erdmagnetismus übertrifft. Nun legt man den Magnetstab an Stelle des nichtmagnetischen Körpers so in das Schiffchen, daß sein Nordpol nach Süden zeigt. Jetzt ist die Herstellung des Gleichgewichtes das Resultat der Differenzwirkung der magnetischen Kraft und der Directionskraft durch die Aufhängung. Ebenso wird dann die Schwingungsdauer für die normale Lage des Magnetes im Schiffchen, wo also der Nordpol nach Norden gerichtet ist und das Gleichgewicht durch die Summe beider Drehungsmomente hergestellt wird, beobachtet. In dieser Weise erhält man das Verhältniß der beiden wirksamen Kräfte. Nun sucht man dem Magnetstabe eine solche Lage zu geben, daß er bei Herstellung des Gleichgewichtes sich senkrecht auf den magnetischen Meridian stellt. Natürlich werden dann die beiden Drähte um einen bestimmten Winkel gegen einander verdreht. Das Schiffchen mit dem Magnetstabe wird hierauf an den Kreis festgeklemmt und dadurch bewirkt, daß bei jeder Veränderung der magnetischen Richtkraft die hierdurch bewirkte Veränderung der Gleichgewichtslage auch den Winkel, um welchen die Drähte verdreht sind, ändern muß. Der Spiegel wird natürlich ebenfalls so gerichtet, daß er die Scala wieder in das Fernrohr reflectirt. In dieser transversalen Lage des Apparates beobachtet man mit Hilfe der Scala die Veränderungen der Intensität.

Fig. 320.

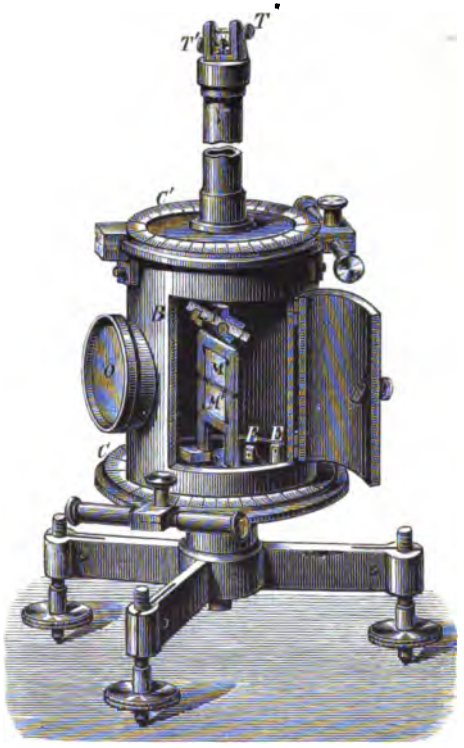


Bifilarmagnetometer.

Im magnetischen Observatorium des Parkes von Saint-Maur wird, wie bereits (S. 819) erwähnt worden ist, die Intensität des Erdmagnetismus durch die Messung der beiden Componenten bestimmt; die zu diesem dienenden Apparate sind das Bifilarinstrument und die magnetische Wage.

Das Bifilarinſtrument B (Fig. 309) iſt dazu beſtimmt, um die Aenderungen der horizontalen Componente der erdmagnetiſchen Kraft zu meſſen. Aeußerlich gleicht dieſer Apparat dem Declinometer und iſt gleich dieſem mit einem beweglichen und einem fixen Spiegel verſehen, welch' letzterer durch die Schrauben E und E', Figur 321, eingeſtellt werden kann. Auch zu dieſem Inſtrumente gehören ein Maßſtab und ein Ableſe-Fernrohr (E' und L' in Fig. 309). Vom Declinometer unterſcheidet ſich das Bifilarinſtrument hauptſächlich durch die Aufhängung und durch die Stellung des Magnetſtabes. Der Bügel, welcher den Magnet trägt, iſt nicht an einem einfachen, ſondern an einem doppelten Seidenfaden aufgehängt, deſſen beide Enden durch entſprechende Einkerbungen im Bügel beiläufig 5 Millimeter von einander entfernt gehalten werden. Die Schraube T dient dazu, um die Länge des Fadens zu reguliren, die Schraube T' auf der entgegengeſetzten Seite geſtattet die Entfernung beider Fäden von einander beliebig zu verändern und dadurch die Empfindlichkeit des Apparates zu reguliren. Auch iſt das Gehäuſe an ſeinem oberen Ende mit einem getheilten Kreiſe C', einem Nonius und einer Stellſchraube verſehen.

Fig. 321.



Bifilarinſtrument.

Dieſes Bifilarinſtrument iſt zur Beobachtung geeignet aufgeſtellt, wenn man die Aufhängevorrichtung derart gedreht hat, daß der Magnetſtab mit ſeiner Längsaxe auf dem magnetiſchen Meridiane ſenkrecht ſteht. In dieſer Stellung befindet ſich der Stab in einer Gleichgewichtslage, welche dadurch zuſtande kommt, daß zwei gleich große, aber entgegengeſetzt gerichtete Kräfte auf ihn einwirken; die eine dieſer Kräfte iſt die erdmagnetiſche Kraft, welche den Stab in den magnetiſchen Meridian zurückzuführen ſtrebt, die andere dieſer entgegenwirkende Kraft iſt die Torſionskraft der gegeneinander verdrehten Seidenfäden. Da die letztgenannte Kraft conſtant bleibt, ſo muß, wie

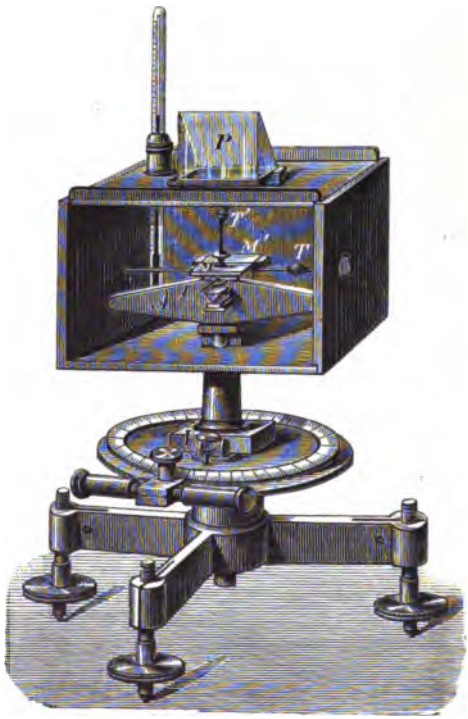
ja wohl leicht begreiflich, die Abnahme oder Zunahme, oder mit einem Worte jede Veränderung der horizontalen Componente der erdmagnetischen Kraft auch eine Störung des angegebenen Gleichgewichtszustandes, d. h. eine Veränderung der Stellung des Magnetstabes verursachen; die Größe der hierdurch bewirkten Ablenkung wird wieder mit Hilfe der Scala und des Ablese-Fernrohres durch die Verschiebung der beiden Spiegelbilder gegeneinander bestimmt.

Die magnetische Wage dient dazu, um die Veränderungen der verticalen Componente des Erdmagnetismus zu messen. Dieser Apparat, Figur 322, besteht aus einer Magnetnadel A, welche mit einer Drehschneide versehen ist, die auf einer Achatplatte aufruht; die Horizontalstellung der Nadel erreicht man durch Drehen des auf einer horizontalen Schraubenspindel befindlichen Laufgewichtes T, in welches eine Schraubenmutter eingeschnitten ist. Ein zweites solches Laufgewicht T', auf einer verticalen Spindel aufgesetzt, gestattet, den Schwerpunkt des Wagebalkens der Drehaxe mehr oder weniger nahe zu bringen und so die Empfindlichkeit der Magnetnadel beliebig zu erhöhen oder zu vermindern. Der magnetische Wagbalken kann durch die Schraube V gehoben oder gesenkt, d. h. arretirt oder auch mit seiner Drehschneide auf die Achatplatte gesetzt werden durch eine Einrichtung ähnlich jener, deren man sich bei chemischen Wagen zu diesem Behufe bedient. Ebenso wie die beiden vorher beschriebenen Instrumente ist auch die magnetische Wage mit zwei Spiegeln M M' versehen, die aber hier nicht vertical, sondern horizontal befestigt sind. Zur Ablesung der Schwankungen dienen auch hier Elfenbeinscala E'' und Fernrohr L'' (Fig. 309). Die Wage ist in einem prismatischen Kasten eingeschlossen, dessen obere Wand den beiden Spiegeln M M' (Fig. 322) gegenüber rechteckig ausgeschnitten ist. Diese Oeffnung verschließt das rechtwinkelige, gleichschenkelige Prisma P, dessen eine Fläche derart convex geschliffen ist, daß das Prisma gleichzeitig die Stelle einer Sammellinse von 1 Meter Brennweite darstellt. Das Prisma hat die Ablesung der Scala in derselben Art zu ermöglichen, wie dies bei den beiden vorbeschriebenen Instrumenten der Fall ist; die Lichtstrahlen werden nämlich an der unter 45 Grad geneigten Prismenfläche total reflectirt und dadurch die in verticaler Richtung von den Spiegeln reflectirten Strahlen in horizontaler, also zur Fernrohraxe paralleler Richtung in das Fernrohr gesandt und erzeugen daher in diesem genau eben solche Spaltenbilder, als bei den vorgenannten beiden Instrumenten erhalten wurden. Eine zweite Oeffnung ist im Deckel des Kastens angebracht, um ein Thermometer einführen zu können, welches man bei jeder Beobachtung abliest. Endlich ist, um das Prisma gegen Verstauben zu schützen und Feuchtigkeit abzuhalten, das ganze Instrument noch

in einem Glaskasten eingeschlossen (Fig. 309), in welchen man ein kleines Gefäß mit Aetzkali, als Trockenmittel, stellt. Welchem Bruchtheile der erdmagnetischen Componente ein Scalentheil entspricht, wird auf experimentellem Wege bestimmt.

Die Veränderungen der Inclination und der Totalintensität werden dann aus den Messungsresultaten, die man mit dem Bifilarinstrumente und mit der Wage erhalten hat, abgeleitet. Die zu messenden Größen sind gewöhnlich sehr klein, wenigstens so lange die Veränderungen ihren regelmäßigen Verlauf nehmen. Sollen daher solche Messungen einen Wert haben, so müssen sie mit verläßlichen und genauen Instrumenten sorgfältig durchgeführt werden.

Fig. 322.



Magnetische Wage.

Die eben geschilderte Einrichtung einer magnetischen Warte wird entsprechend sein, wenn man an diese keine andere Forderung stellt, als Messungen zu im Vorhinein bestimmten Zeiten vorzunehmen. Soll jedoch auch auf jene magnetischen Veränderungen oder Störungen Rücksicht genommen werden, die unregelmäßig auftreten und daher oft in die Zeit zwischen zwei regelmäßige Beobachtungen fallen, so reichen dazu, wie leicht einzusehen, die bisher beschriebenen Apparate nicht mehr aus: die Aufzeichnung solcher unregelmäßiger und daher unvorhergesehener Störungen kann nur durch registrirende Apparate, die permanent im Dienste stehen, bewerkstelligt werden. Die magnetische Warte im Parke von Saint-Maur ist daher auch mit solchen Registrirapparaten (die nach Mascart's Angaben construirt wurden) ausgerüstet.

Die ununterbrochene Aufzeichnung des Verlaufes der magnetischen Veränderungen ist bei diesem Registrirapparate durch die Photographie vermittelt; die außerordentliche Empfindlichkeit der Bromsilber-Gelatineplatten

hat auch hier wieder eine Anwendung gefunden. Mascart ist es gelungen, einen Registrirapparat zu construiren, der bei verhältnißmäßig niedrigem Preise leicht aufzustellen ist und keine hohen Betriebskosten verursacht; auch zeichnet sich dieser Apparat dadurch aus, daß alle drei Meßinstrumente zusammen nur einer Lichtquelle bedürfen, und daß die drei verschiedenen Messungen auf einem und demselben Blatte registrirt werden, was ein Vergleichen der Resultate sehr erleichtert.

Dieser Registrirapparat ist im östlichen Kellerraume (B, Fig. 308) aufgestellt, der einen rechtwinkeligen Raum von 4·5 Meter Länge und 2·5 Meter Breite bildet. Die Lüftung des Raumes wird durch drei Luftzüge besorgt; da aber die Registrirung durch Lichtstrahlen erfolgt, muß dafür Sorge getragen werden, daß alles fremde Licht abgehalten wird. Vor den oberen Ausmündungen der Luftzüge ist daher in einer Entfernung von 8 Centimeter eine Klappe angebracht, welche zwar die Luft seitlich frei durchstreichen läßt, aber das Eindringen von Lichtstrahlen verhindert; überdies wird die Verfinsterung des Kellerraumes noch durch schwarze Tücher vervollständigt, welche freibeweglich vor jeder Oeffnung im Innern aufgehängt sind. Eine Totalansicht der Installation gibt Figur 323. Die Meßapparate sind dieselben wie die vorbeschriebenen, und wie diese von Carpentier verfertigt; sie haben auch in diesem Kellergeschosse eine feste unveränderliche Aufstellung auf gemauerten Pfeilern erhalten. D stellt das Declinometer, B das Bifilarinstrument und C die magnetische Wage dar. Sämmtliche Instrumente besitzen zwei, einen feststehenden und einen beweglichen Spiegel; die vorderen Oeffnungen des Declinometers und des Bifilarinstrumentes sind durch Sammellinsen verschlossen, deren Brennweite ungefähr 1·1 Meter beträgt, während bei der magnetischen Wage eine entsprechende Wölbung der Prismenfläche die Sammellinse ersetzt. Der eigentliche Registrirapparat H ist in Figur 324 separat abgebildet und wurde von Duboscq construirt. Um einen Einblick in das Uhrwerk zu gestatten, ist in der Figur ein Theil der Vorderwand des Gehäuses weggebrochen dargestellt. Dieses Gehäuse ist von oben bis unten durch eine Holzwand in zwei Theile getheilt; in dem rückwärtigen Raume H befinden sich das Triebwerk der Uhr, Pendel und Gewichte. Die vordere Abtheilung des Gehäuses bildet eine Dunkelkammer und nimmt den photographischen Rahmen E auf. Dieser Rahmen wird zwischen seitlich angebrachten Leitschienen geführt und unter Vermittlung der Zahnstange C und des Zahnrades R, welches durch das Uhrwerk seine Bewegung erhält, in 24 Stunden um seine ganze Länge herabgeführt.

Als Lichtquelle dient eine einfache Gasogenlampe G. Ist die Brennflüssigkeit von guter Qualität und der Docht entsprechend regulirt, so brennt

dieſe Lampe mit hinlänglicher Gleichförmigkeit 36 Stunden lang; verſieht man ſie täglich zu einer beſtimmten Stunde mit Brennſtoff, ſo iſt die regel-

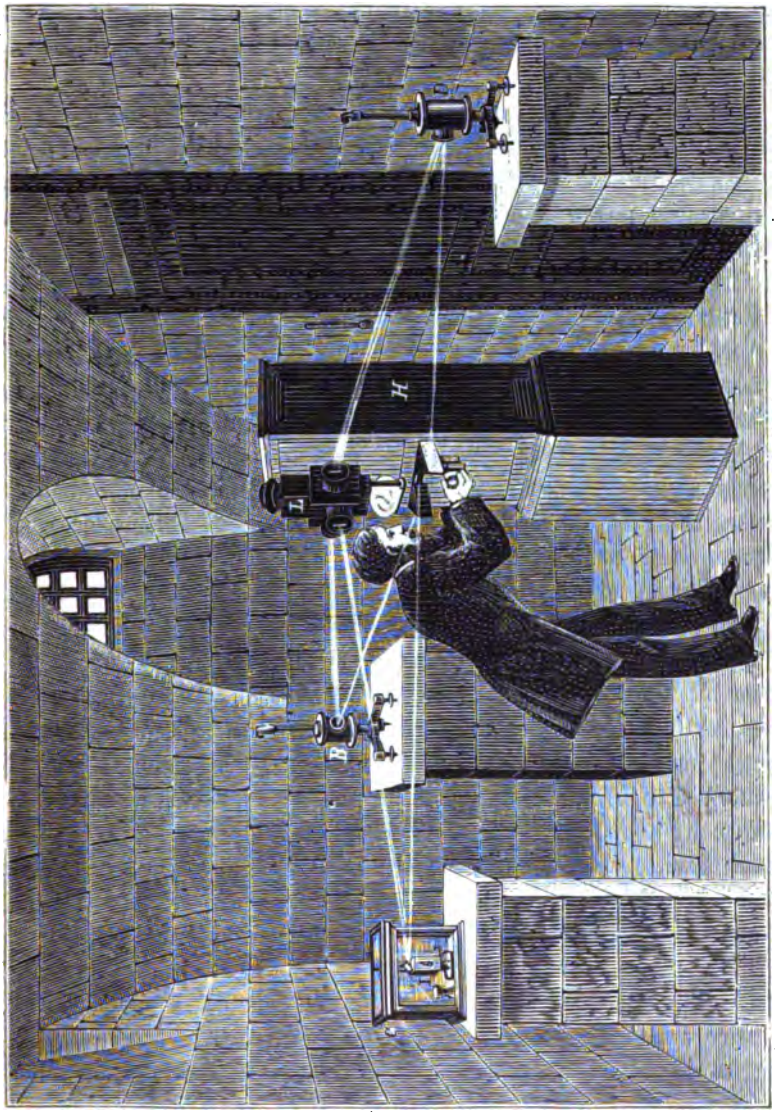


Fig. 328. Oeſtlicher Keller des Obſervatoriums in Saint-Maur.

mäßige Beleuchtung vollkommen ſichergeſtellt. Die Flamme dieſer Lampe iſt in einer Laterne L eingeſchloſſen, welche an dem Gehäuſe befeſtigt iſt und

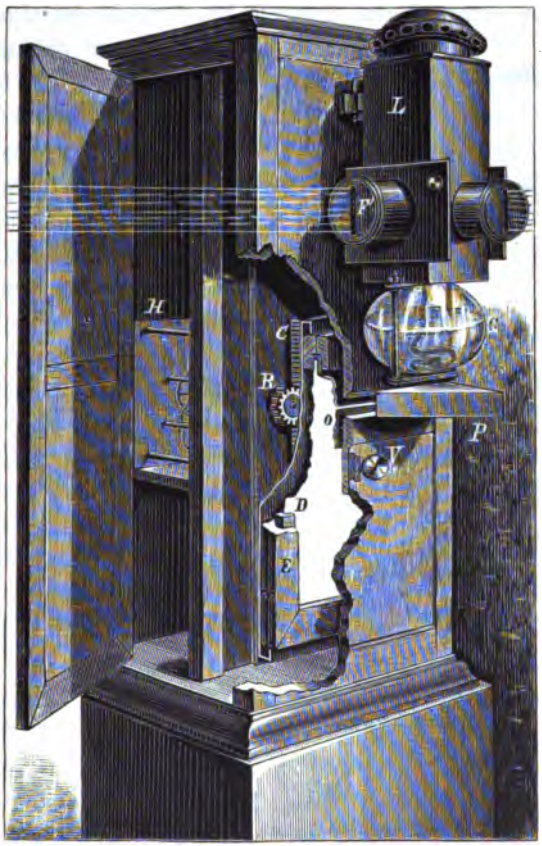
an ihren drei freien Seiten metallische Montirungen trägt, welche mit je einer Brennlinse und einem verticalen Spalt F' versehen sind; letzterer läßt sich enger und weiter stellen und die ganzen Ansätze können horizontal und vertical verschoben werden, um eine richtige Einstellung zu erhalten. Die Uhr ist derart aufgestellt, daß das Pendel in einer zum magnetischen Meridiane parallelen Ebene schwingt.

Die von der Lampe ausgehenden Lichtstrahlen werden durch den einen Spalt dem Declinometer, durch den zweiten Spalt dem Bifilarinstrumente und durch den dritten Spalt der magnetischen Wage zugesandt; die Spiegeln der betreffenden Instrumente reflectiren dann diese Strahlen auf das photographische Papier, wie dies Figur 325 deutlicher erkennen läßt. Die reflectirten Lichtstrahlen, welche von einem seitlich aufgestellten Instrumente, z. B. vom Declinometer anlangen, fallen auf ein rechtwinkeliges Prisma P_1 (P in Fig. 324), welches sie auf eine breite Spaltvorrichtung wirft, welche sich quer über den photographischen Rahmen hinzieht und beliebig verengt werden kann durch einen Verdunkler O (Fig. 324), der mit Hilfe einer außerhalb des Gehäuses angebrachten Schraube V in Wirksamkeit gesetzt wird; durch eine entsprechende Regulirung der Spalte kann man es dahin bringen, daß die beiden Bilder D und D' (Fig. 325), erhalten durch Reflexion von dem feststehenden und dem beweglichen Spiegel, sich vollkommen scharf auf dem lichtempfindlichen Papiere darstellen.

Das Bifilarinstrument verhält sich ebenso wie das Declinometer; die vom ersteren kommenden Lichtstrahlen gelangen auf das Prisma P_2 und erzeugen die Bilder B und B'. Die Prismen P_1 und P_2 bedecken jedes ein Drittel der Breite des Papieres; das mittlere Drittel bleibt unbedeckt und empfängt direct die Bilder C und C' der der magnetischen Wage entsprechenden Spalte, nachdem eine Reflexion der Lichtstrahlen durch das bei der Wage selbst angebrachte Prisma erfolgt ist. Man erhält in dieser Weise auf dem Papiere sechs Spuren, von welchen drei Linien dem unveränderten Zustande der einzelnen erdmagnetischen Elemente entsprechen, während die drei anderen Curven die Veränderungen dieser Elemente darstellen. Die Entfernung einer Krümmung von der geraden Linie ist proportinal dem Winkel, welchen die betreffenden Spiegeln mit einander einschließen. Gleichzeitig wird auf dem Papiere auch noch die Zeit markirt; die Bewegung des Uhrwerkes ist derart geregelt, daß der Rahmen in der Stunde genau um einen Centimeter herabsteigt, so daß also die Gesammtlänge der Curven 24 Centimeter beträgt. Das Papier ist in dem Rahmen zwischen zwei Glasplatten eingepreßt, von welchen diejenige, die auf der empfindlichen Seite des Papieres aufliegt, durchsichtig und mit 24 Linien versehen ist, die genau

je einen Centimeter weit von einander abſtehen. Dieſe Linien rücken bei der Bewegung des Rahmens der Reihe nach vor das Fenſter, unterbrechen dadurch während einiger Augenblicke das Licht und bewirken dadurch auf den Linien jene Unterbrechungen, die in Figur 326 zu ſehen ſind. Da der Erſatz

Fig. 324.



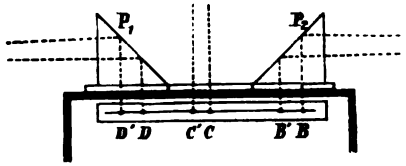
Magnetiſcher Regiſtrirapparat von Duboscq.

eines abgelaufenen Papieres nicht momentan erfolgen kann und da man auch den Rahmen nicht immer abſolut genau in dieſelbe Stellung einſetzen wird, ſo muß man die Zeit, zu welcher das neu eingeſetzte Papierblatt in Function tritt, ſtets genau aufſchreiben.

Die Markirung der Stunde kann auch durch eine periodiſche Störung der magnetiſchen Stäbe bewirkt werden. Zu dieſem Behufe verſieht man die

Uhr mit einem elektrischen Contacte, durch welchen ein Stromkreis stets dann für einige Augenblicke geschlossen wird, wenn der Minutenzeiger die Ziffer 12 passirt. Dieser Stromkreis enthält eine kleine Batterie und drei Drahtspulen (ohne Eisen), von welchen je eine in der Nähe eines der drei Instrumente angebracht ist. Der stets nach Ablauf einer Stunde die Spulen durchlaufende Strom bringt dann eine Ablenkung des betreffenden Magnetes hervor und dem entspricht eine Störung im Verlaufe der Curve.

Fig. 325.

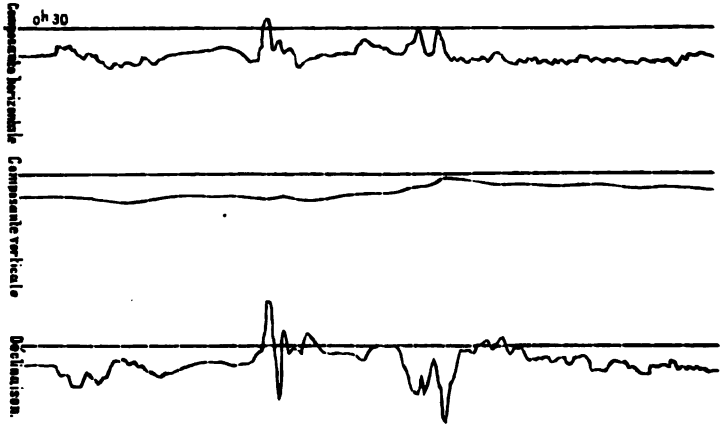


Gang der Lichtstrahlen beim Registrirapparat.

Auf dem photographischen Papiere werden durch die Einwirkung des Lichtes außerdem noch die Bezeichnungen »Magnétisme, Parc Saint-Maur« ꝛc. hervorgerufen. Diese Schriften sind auf der geschwärzten Glastafel, auf welcher das photographische Papier mit seiner unempfind-

Fig. 326.

*Parc Saint-Maur. **Magnétisme.** Du 24 au 25 février 1883.*



Curven, erhalten durch den Registrirapparat.

lichen Seite aufliegt, transparent angebracht. Um sie auf dem Papiere hervorzurufen, bedeckt man die empfindliche Seite des Papieres und beleuchtet dann die geschwärzte Glastafel einige Secunden lang durch eine Kerze; die Empfindlichkeit des Papieres ist groß genug, daß diese geringe Belichtung ausreicht, um durch das Papier hindurch eine hinlänglich kräftige photographische Wirkung auszuüben. Der Rahmen wird jeden Mittag aus seiner Führung herausgenommen, hierauf das Papier entfernt und durch ein neues Blatt ersetzt; dann setzt man den Rahmen wieder ein und bringt ihn mit Hilfe einer

Schnur in die obere Hälfte der Dunkelkammer, wo er durch ein Sperr-Rad gehalten wird. Um auf dem abgenommenen Papiere die Lichtwirkung sichtbar zu machen, das Bild zu entwickeln, behandelt man das Papier mit einer Lösung von Eisenoxalat und fixirt das hierdurch hervorgerufene Bild durch unterschwefligsaures Natron. Man erhält dann ein Bild, wie es Figur 326 darstellt und hat hierauf, nachdem es getrocknet ist, mit der Hand nur noch das Datum zu schreiben.

Nachdem hiermit erläutert ist, in welcher Weise die photographischen Aufzeichnungen erhalten werden, erübrigt nur noch anzugeben, wie man den Zahlenwert der Curven erfährt. Zu diesem Behufe muß eine Graduirung der Apparate vorgenommen werden, was man durch nachstehend angegebene Versuche erreicht. Bei dem Declinometer dreht man die Metallbüchse und folglich auch den feststehenden Spiegel um einen bestimmten, am unteren Theilkreise abzulesenden Winkel; dadurch erleidet die Normallinie eine Verschiebung, und die Größe dieser Verschiebung, d. h. also die Entfernung der beiden Spiegelbilder vor und nach der Drehung, gibt den Winkelwert für den Millimeter auf dem photographischen Papier. Dann dreht man die Aufhängevorrichtung allein, z. B. um einen Winkel von 90 Grad und beobachtet die Ablenkung des durch den beweglichen Spiegel erzeugten Bildes, welche sehr gering sein wird und der durch die Drehung hervorgerufenen Torsion des Aufhängefadens zuzuschreiben ist. Aus diesen beiden Experimenten kann dann der Winkelwert bestimmt werden, der auf dem photographischen Papiere einem Millimeter entspricht.

Um die beiden anderen Instrumente zu graduiren, d. h. zu bestimmen, welchem Bruchtheile der horizontalen und verticalen Componente die Ordinaten der Curve entsprechen, bringt man einen Hilfsmagnet nach einander zum Declinometer zum Bifilarinstrument und zur magnetischen Wage in eine bestimmte Lage und auf eine gleichbleibende Entfernung; man bedient sich hierzu einer Schiene, auf welcher ein Rahmen verschoben werden kann und beläßt den Hilfsmagnet auf diesem Rahmen fünf bis zehn Minuten lang. Durch diesen Magnet wird die Lage der drei Magnetstäbe in den Instrumenten geändert und dadurch eine plötzliche Verschiebung des durch den beweglichen Spiegel hervorgerufenen Bildes bewirkt. Diese Verschiebung, welche auf dem photographischen Papiere aufgezeichnet wird, gestattet dann durch Rechnung zu bestimmen, welchem Bruchtheile der Componenten ein Millimeter auf dem Papiere entspricht. Durch ähnliche Versuche bestimmt und controlirt man von Zeit zu Zeit auch die bei den Apparaten mit directer Ablesung erhaltenen Resultate. Die Ordinaten der Curven geben dann die Variationen der drei magnetischen Elemente, wozu nur noch zu bemerken ist, daß für

die von dem Bifilarinſtrumente und von der magnetiſchen Wage erhaltenen Curven noch eine von der Temperatur beſtimmte Correction vorgenommen werden muß. Ueberdies werden die mit dem Regiſtrirapparate erhaltenen Reſultate auch täglich noch durch die directen Ableſungen, welche man mit Hilfe der zuerſt beſchriebenen Inſtrumente erhält, controlirt.

Es iſt zu wünſchen und zu hoffen, daß der von Mascart conſtruirte Regiſtrirapparat recht bald an möglichſt vielen Orten aufgeſtellt und in Thätigkeit geſetzt wird; die Vergleichung der in ſolcher Weiſe an den verſchiedenen Stationen gleichzeitig gewonnenen Aufzeichnungen wird dann ſicher wertvolle Fingerzeige liefern für die Erklärung des gegenwärtig noch ſo wenig bekannten Weſens und Verhaltens des Erdmagnetismus.

IV.

Die erdmagnetischen Elemente.

Nachdem wir im vorstehenden Abschnitte die Einrichtung und die Aufgabe magnetischer Warten im allgemeinen kennen gelernt haben, wollen wir nunmehr dem Verhalten des Erdmagnetismus selbst unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Die Aeußerungen des Erdmagnetismus können wir unterscheiden in solche, welche regelmäßig oder periodisch auftreten und in außergewöhnliche Störungen; die einen wie die anderen werden durch Bestimmung der Richtung und der Intensität, mit welcher sie auftreten, charakterisirt. Betrachten wir zunächst die ersteren.

Aus den zahlreichen Beobachtungen und Messungen hat sich zunächst ergeben, daß Declination, Inclination und Intensität an verschiedenen Orten der Erdoberfläche auch verschiedene Werte haben. Um die Erforschung derselben hat sich namentlich Lamont große Verdienste erworben, der in dieser Richtung seit 1849 unausgesetzt thätig war und die Resultate seiner Arbeiten in verschiedenen Werken veröffentlicht hat; wir nennen hiervon nur sein Buch: »Astronomie und Erdmagnetismus« und führen aus demselben in nachstehender Tabelle die Bestimmungen für einige wenige Orte an.

Name des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
Wien	1850	17° 28·6′	66° 43·4′	1·855
Berlin	1845	16 32·0	67 35·0	1·780
Hermannstadt	1845	10 6·0	61 21·0	2·171
Ofen	1845	12 52·0	63 20·0	2·036

Name des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
Brüssel	1850	20° 40·7′	67° 54·8′	1·771
Dublin	1845	27 0·0	69 41	1·689
Paris	1850	20 35·8	66 42·2	1·858
Christiania	—	19 50	72 7	1·547
Moskau	—	3 2	68 57	1·762
Petersburg	1842	6 21	71 0	1·658
Gibraltar	1840	21 40	59 40	2·289
Algier	1842	18 35	57 21	2·373
Bombay	1845	— —	18 12	3·631
Peking	—	1 48	54 49	2·925
New-York	1840	5 34	72 39	—
Washington	1842	1 24	71 14	2·007
Bahia	—	4 18	5 24	3·036
Pernambuco	—	5 54	13 13	—
Barnaul	1842	— 8 25	70 7	2·051
Kasan	1842	— 3 24	68 22	1·877
Manilla	1840	— 0 81	16 27	3·709
Singapore	1841	— 1 39	— 12 1	3·671
Acapulco	1838	— 8 23	+ 37 57	3·672
Cincinnati	1840	— 4 46	70 27	2·095
San Francisco	1838	— 15 20	62 0	2·526
Sitka	1845	— 28 53	75 51	1·466
Panama	1837	— 7 2	31 52	3·575
Rio-Janeiro	—	— 2 8	— 13 30	—
Valparaiso	—	— 15 18	— 39 7	—
Aukland-Insel	1841	— 15 29	— 73 10	1·893
Hobastown	1846	— 9 55	— 70 36	2·070
Point Venus (Otahaiti)	1840	— 6 30	— 30 18	3·417
Port Louis (Falklands-Inseln)	1842	— 17 36	— 52 26	—
Sydney	1842	— 9 51	— 62 49	2·712

Wie schon im ersten Capitel dieses Abschnittes mitgetheilt wurde, hat man drei Systeme magnetischer Linien entworfen, so zwar, daß man auf der Karte in dem einen Systeme Orte mit gleicher Declination, in dem andern solche gleicher Inclination und in dem dritten solche gleicher Intensität durch Linien verband; man erhält dadurch die Declinations-, Inclinations- und Intensitätskarten. Jene Linien, welche Orte gleicher Declination verbinden, nennt man Isogonen und die Isogone, auf welcher die Declination gleich Null ist, die Agone. Eine Karte der Isogonen stellt Figur 327 dar, und zwar

vom 80. Grad nördl., bis zum 60. Grad südl. Br.; den Verlauf der Isogonen an den beiden Polen ersieht man aus den in den Figuren 328 und 329 dar-

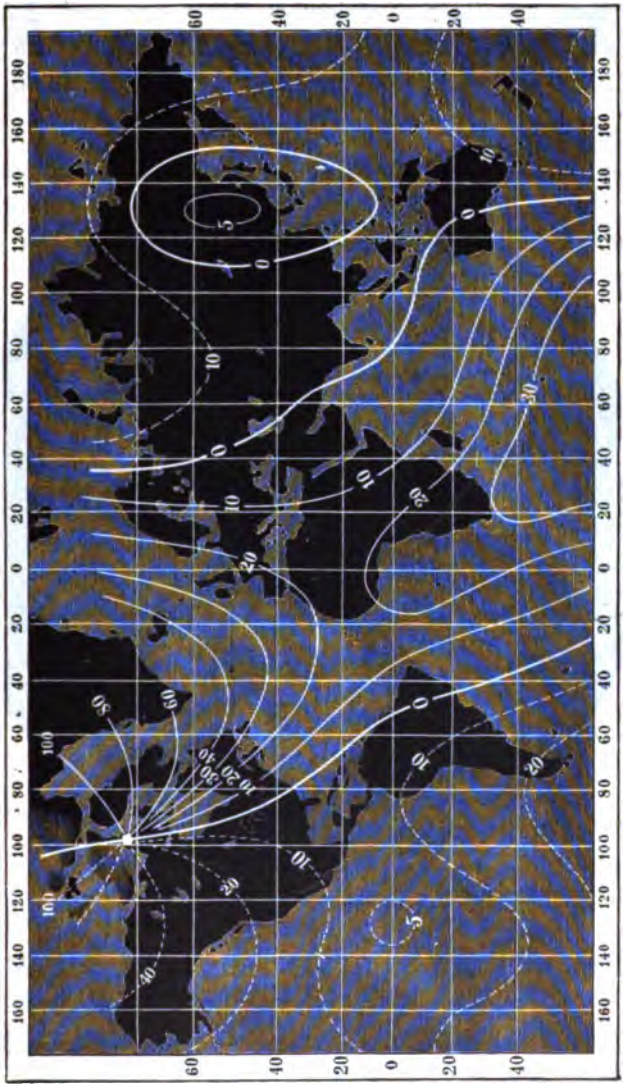
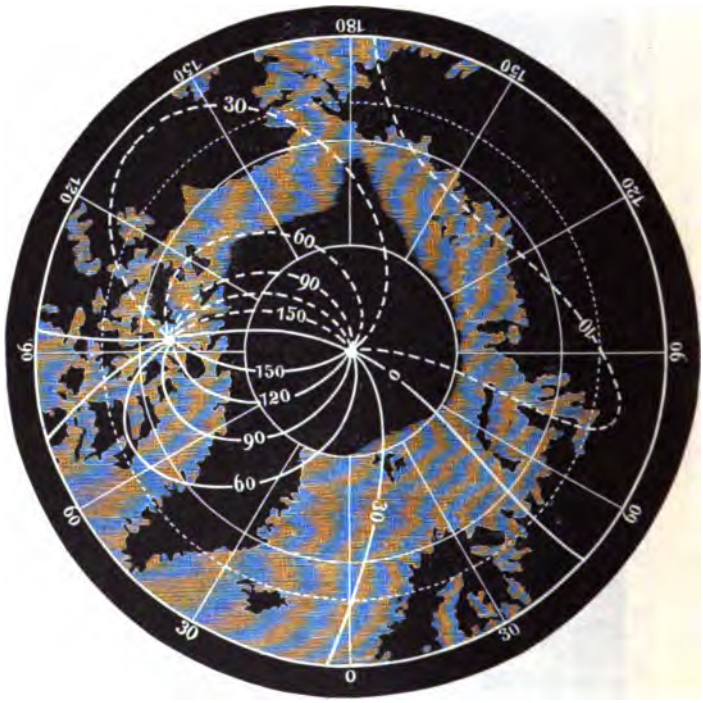


Fig. 327. Karte der Isogonen.

gestellten beiden Karten in Polarprojection. Aus diesen Karten ergibt sich, daß die Isogonen in zwei durch die Agone von einander getrennte Gruppen zerfallen (in den Figuren als gezogene und punktirte Linien von einander

geſchieden). Durch die Iſogonen der einen Gruppe (gezogene Linien) ſind die Orte gleicher weſtlicher, durch die Linien der andern Gruppe (punktirte Linien) die Orte gleicher öſtlicher Declination mit einander verbunden. Von der die beiden Gruppen von einander ſcheidenden Agone ſind zwei Stücke bekannt, die wahrſcheinlich zuſammen eine geſchloſſene Curve bilden dürften. Der eine Theil geht von der Hudſonsbai aus über den öſtlichen Theil von Nord-

Fig. 328.



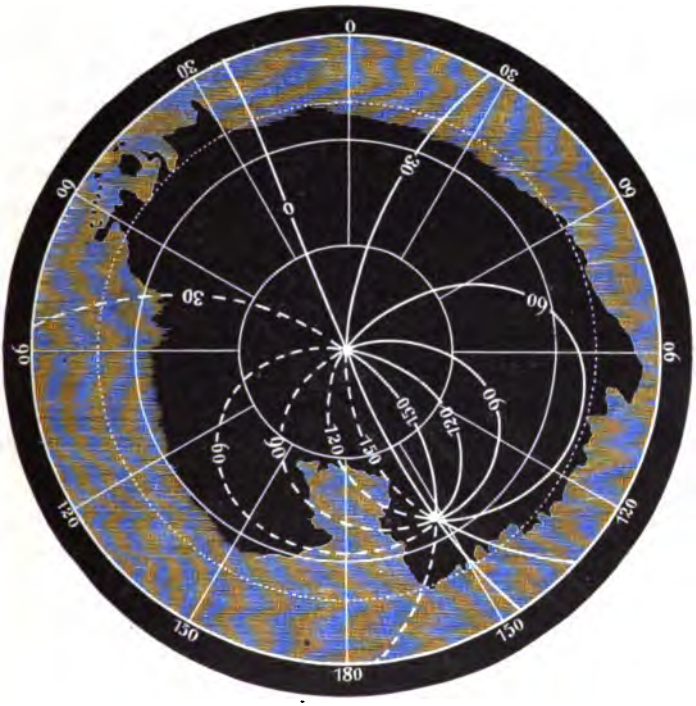
Iſogonen auf der nördlichen Halbkugel.

amerika, über den atlantiſchen Ocean, dann an den weſtindiſchen Inſeln vorbei, über die Oſtſpitze von Südamerika wieder zum Ocean; der zweite Theil geht über den 45. und 50. Grad öſtl. L. durch das aſiatiſche Rußland, dann über das kaſpiſche Meer, den öſtlichen Theil Arabiens und durchſchneidet dann die weſtliche Hälfte Auſtraliens. Weſtliche Declination herrſcht ſonach auf dem atlantiſchen Ocean, in Europa und Afrika, öſtliche Declination im weitaus größten Theile von Amerika, in Aſien, Auſtralien und am ſtillen Ocean. Nur auf einem kleinen Gebiete in Aſien und auf dem angrenzenden

Meere findet hiervon eine Ausnahme ſtatt; hier iſt nämlich eine in ſich ſelbſt zurückkehrende Curve, für welche die Abweichung gleich Null iſt, während der von ihr eingeſchloſſene Raum wieder weſtliche Declination beſitzt.

Sämmtliche Iſogonen ſchneiden ſich in zwei Punkten, welche nahe den aſtronomiſchen Polen der Erde liegen und die magnetiſchen Pole heißen; ſie

Fig. 329.



Iſogonen auf der ſüdlichen Halbkugel.

liegen an der Weſtküſte von Boothia Felix und bei den Vulcanen Erebus und Terror. Betrachtet man den Verlauf der Iſogonen auf Karten in Polarprojection (Fig. 328 u. 329), ſo ſieht man dieſe Linien ſich auch noch in den aſtronomiſchen Polen der Erde durchſchneiden; man darf ſich jedoch hierdurch nicht zu der Annahme verleiten laſſen, daß auch dieſe Pole magnetiſch ausgezeichnete Punkte ſeien. Das Zuſammenlaufen der magnetiſchen Linien in dieſen Punkten rührt nur daher, daß wir die Declination auf ein Syſtem von Linien, die geographiſchen Meridiane, beziehen, welche ſich in den beiden

geographischen Polen der Erde durchschneiden, in Bezug auf die magnetischen Linien aber ein ganz willkürliches Liniensystem darstellen, das mit dem Erdmagnetismus in gar keinem Zusammenhange steht. Obwohl die Declinationsnadel, um den geographischen Pol herumgeführt gedacht, ihre Richtung stets ungeändert beibehalten wird, erhalten wir doch hierbei alle möglichen Declinationswerte, weil wir eben alle geographischen Meridiane passiren; am astronomischen Nordpole fällt die Nadelrichtung fast mit dem 60. Längengrade zusammen, muß also mit den anderen Meridianen verschiedene Winkel einschließen, d. h. alle Isogonen müssen durch den Nordpol gehen.

Ganz anders verhalten sich die magnetischen Pole; denken wir uns um diese die Magnetnadel herumgeführt, so wird sich die Magnetnadel am magnetischen Nordpole stets mit dem Nordende, am magnetischen Südpole stets mit ihrem Südende gegen diese Pole gewendet zeigen; die Nadel, welche um den astronomischen Pol herumgeführt, ihre Richtung ungeändert beibehält, wird, um den magnetischen Pol herumgeführt, ihre Richtung fortwährend ändern, nach einer vollständigen Umkreisung sich ganz um sich selbst gedreht, d. h. einen Winkel von 360 Graden beschrieben haben. Oder wenn man sich um den magnetischen und den astronomischen Pol rundherum Magnetnadeln aufgestellt denkt, so würden sich diese am magnetischen Pole so stellen, daß alle das gleichnamige Ende gegen den Pol kehren; sie würden lauter von diesem Pole ausstrahlende Radien darstellen; am astronomischen Pole aber werden sich sämmtliche Nadeln parallel zu einem bestimmten astronomischen Meridiane am Nordpole z. B. parallel zum 60. stellen.

Ebenso wie die Declination erlangt auch die Inclination an verschiedenen Orten verschiedene Werte; man nennt jene Curven, welche Punkte gleicher Inclination verbinden, Isoclinen und die Linie mit der Inclination gleich Null, Acline oder den magnetischen Aequator. Von diesem aus bis zu den magnetischen Polen durchläuft die Inclination alle Werte von 0 bis 90 Grad. Die Inclinationsnadel stellt sich am magnetischen Aequator horizontal, neigt sich auf der Nordhälfte der Erde mit ihrem Nordende nach unten, auf der südlichen Erdhälfte mit dem Südende und steht auf den magnetischen Polen senkrecht; es sind dies dieselben magnetisch ausgezeichneten Punkte, in welchen sich, wie oben erwähnt, die Isogonen durchschneiden. Der magnetische Aequator läuft nicht mit dem astronomischen Aequator parallel, sondern schneidet diesen, wie die Karte in Figur 330 zeigt, zu wiederholtenmalen; die Isoclinen umkreisen die magnetischen Pole in ähnlichen Curven wie die Acline.

Die Einsicht in die Intensitäts-Verschiedenheit der magnetischen Erdkraft an verschiedenen Punkten der Erde, durch Schwingungen einer senk-

rechten Nadel im magnetischen Meridiane gemessen, verdankt die Wissenschaft allein dem Scharfsinne Borda's: »Nicht durch eigene, geglückte Versuche,«

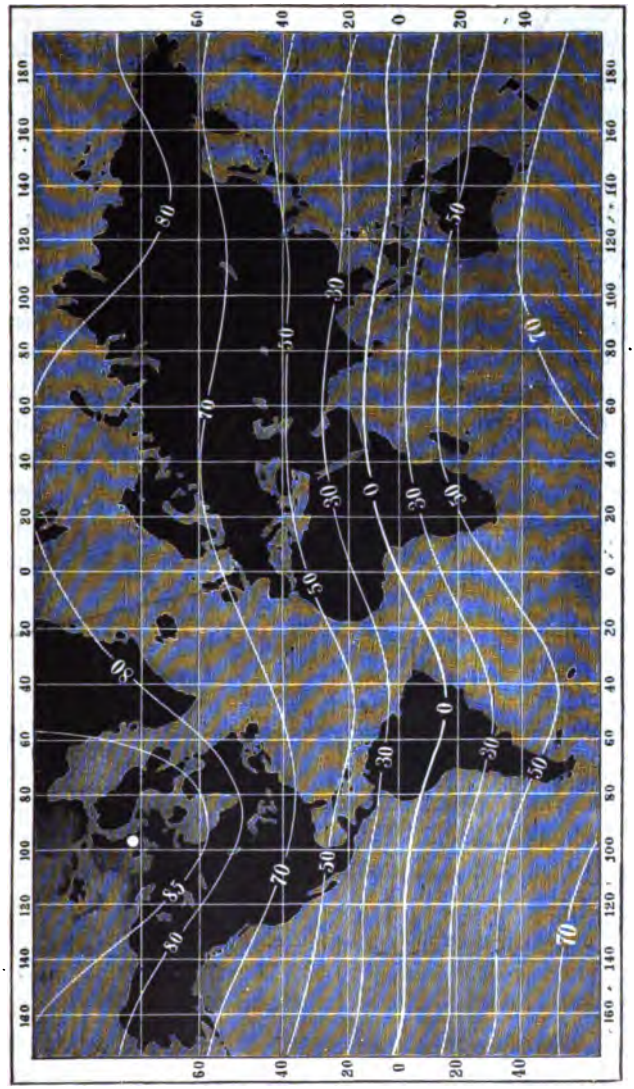


Fig. 330. Karte der Isoclinen.

sagt A. v. Humboldt, »sondern durch Gedankenverbindung und beharrlichen Einfluß auf Reisende, die sich zu fernen Expeditionen rüsteten.« Seine lange gehegten Vermuthungen wurden zuerst durch Lamanon, den Begleiter von

La Pérouse, mittelst Beobachtungen aus den Jahren 1785—1787 bestätigt. Es blieben dieselben, obgleich schon seit dem Sommer des letztgenannten Jahres in ihrem Resultate dem Secretär der Académie des Sciences, Condorcet, bekannt, unbeachtet und unveröffentlicht. Die erste und darum freilich unvollständige Erkennung des wichtigen Gesetzes der mit der magnetischen Breite veränderlichen Intensität gehört unbestritten der unglücklichen, wissenschaftlich so wohl ausgerüsteten Expedition von La Pérouse; aber das Gesetz selbst hat, wie A. v. Humboldt annehmen zu dürfen glaubt, erst in der Wissenschaft Leben gewonnen durch die Veröffentlichung seiner Beobachtungen von 1798 bis 1804 im südlichen Frankreich, in Spanien, auf den canarischen Inseln, in dem Innern des tropischen Amerikas (nördlich und südlich vom Aequator), in dem atlantischen Ocean und in der Südsee.

Selbstverständlich kann man die Orte gleicher magnetischer Intensität ebenso mit einander verbinden, wie die gleicher Declination oder gleicher Inclination und erhält dann ein ähnliches System von Curven, welche unter dem Namen der isodynamischen Linien bekannt sind. Den ersten Entwurf eines isodynamischen Systems hat A. v. Humboldt für einen kleinen Theil von Südamerika geliefert. Die isodynamischen Linien laufen, wie aus der Figur 331 zu ersehen, keineswegs mit den Linien gleicher Neigung parallel: die magnetische Kraft ist nicht, wie man früher annahm, am magnetischen Aequator am schwächsten; ja sie ist sogar nicht einmal gleich groß auf allen Theilen desselben. Die Intensität erreicht auf der nördlichen Halbkugel an zwei Punkten ein Maximum; der eine dieser Punkte liegt westlich der Hudsonsbai, der andere im nördlichen Asien. Die magnetischen Pole der Erde sind also keinegswegs zugleich auch Punkte der größten magnetischen Intensität. Was die den Isodynamen in Figur 331 beigesetzten Zahlen anbelangt, so ist zu bemerken, daß diese die Intensität nicht im absoluten, sondern in einem willkürlichen Maße angeben, nach einem Maße, welches für London die Zahl 1·372 ergibt; überdies sind die Zahlen mit 1000 multiplicirt.

Eine schon seit geraumer Zeit schwebende, aber auch heute noch nicht beantwortete Frage geht dahin, ob die magnetische Intensität in für unerreichbaren Höhen merkbar ab- und im Innern der Erde ebenso zunimmt. Die Beantwortung der Frage ist schwierig, weil einerseits der großen Masse hoher Berge wegen die Gipfelstation und die Beobachtungsstation am Fuße des Gebirges selten einander nahe genug liegen und weil andererseits das Gestein oder ein nicht sichtbares Mineral die Intensität merklich beeinflussen kann; ähnlich verhält es sich mit Versuchen im Innern der Erde. A. v. Humboldt hat zahlreiche Bergbaue in Europa, Amerika und Asien besucht und

doch nie einen Ort gefunden, welcher ihm für Intensitätsmessungen geeignet schien. Günstigere Verhältnisse bieten die Luftfahrten dar, und zwar umso-

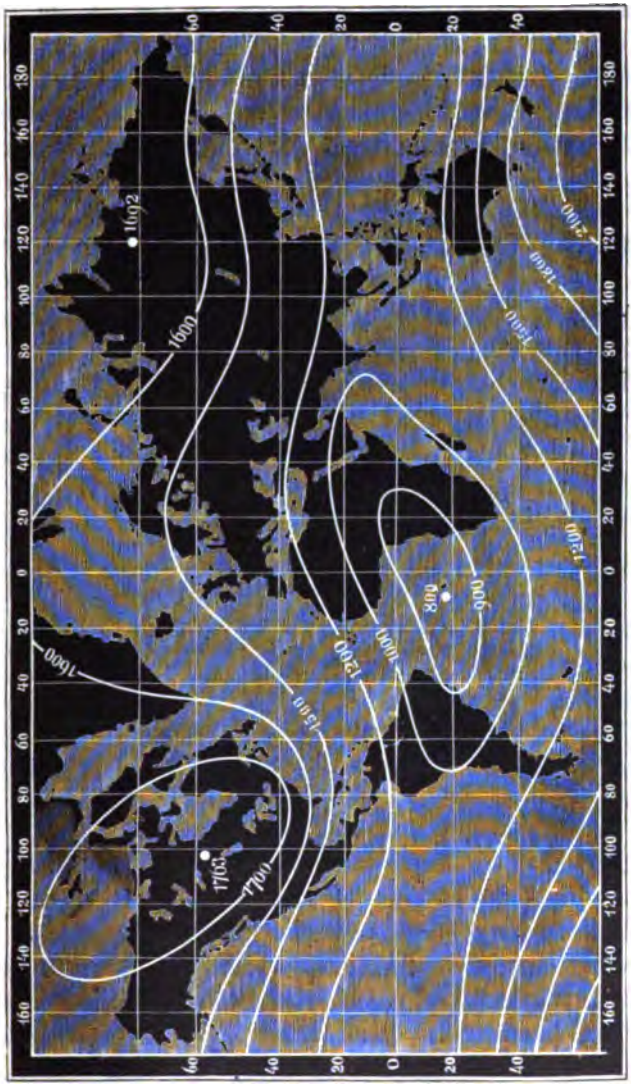


Fig. 331. Isodynamische Linien.

mehr, als die hierbei erreichbaren Höhen, die in Bergwerken zugänglichen relativen Tiefen sehr bedeutend übertreffen; Gay-Lussac hat sich z. B. zu einer Höhe von 21.600 Fuß über Paris erhoben.

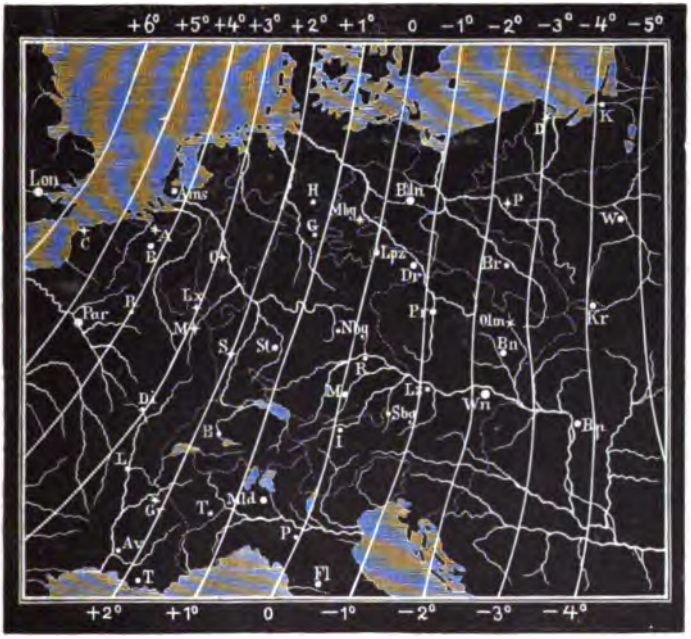
Die Gebirgsbeobachtungen, welche A. v. Humboldt in den Jahren 1799 bis 1806 in großer Anzahl ausgeführt hat, haben ihm die Abnahme der Erdkraft mit der Höhe im ganzen wahrscheinlich gemacht, trotzdem es hierbei auch zu widersprechenden Beobachtungen kam. Humboldt's Beobachtungen erstrecken sich von der Meeresfläche bis zu einer Höhe von 14.960 Fuß, bis zur Grenze des ewigen Schnees. Die befriedigendsten Resultate sind gewesen der steile Abfall der Silla de Caracas, 8105 Fuß, nach der ganz nahen Küste von La Guayra; das gleichsam über der Stadt Bogota schwebende Santuario de Nuestra Senora de Guadalupe, auf einem Absatz gegründet an steiler Felswand von Kalkstein mit einem Höhenunterschiede von fast 2000 Fuß; der Vulcan von Purace, 8200 Fuß hoch über der Plaza mayor der Stadt Popayan.

Kupffer beobachtete auf dem Elbrus im Kaukasus auf einem Höhenunterschiede von 4500 Fuß an zwei Stationen, die aber auch bezüglich ihrer Länge und Breite sehr verschieden waren. Kupffer und ebenso Forbes bei vielen Beobachtungen in Europa, Laugier und Mauvais auf dem Canigou, Bravais und Martins auf dem Faulhorne und ganz nahe am Gipfel des Montblanc, haben ebenfalls eine mit der Höhe abnehmende Intensität des Magnetismus bemerkt; Bravais nahm sogar an, daß diese Abnahme schneller in den Pyrenäen als in den Alpen vor sich gehe. Quetelet fand hingegen (im J. 1830) die Intensität von Genf = 1·080, vom Col de Balme = 1·091 und vom St. Bernhard Hospiz sogar = 1·096, beobachtete also eine Zunahme der Intensität mit der Höhe. In jüngster Zeit (1884) stellte Maurer in Zürich eine Reihe gleichzeitiger Beobachtungen in verschiedenen Höhen an, um den Einfluß der Höhe auf den täglichen Gang der magnetischen Oscillationen zu untersuchen. Das eine Beobachtungsinstrument war hierbei am Säntis in einer Höhe von 2465 Meter aufgestellt, das andere 2000 Meter tiefer im physikalischen Laboratorium des Züricher Polytechnikums. Die Beobachtungen auf dem Säntis wurden vom 25. September bis zum 13. October 1884 und vom 1. November 1884 bis 8. Jänner 1885 täglich von 7 Uhr Morgens bis 9 Uhr Abends jede Stunde angestellt. In Zürich wurden die entsprechenden Beobachtungen vom 27. September bis 13. October 1884 stets fünfmal des Tages durchgeführt. Außerdem standen zum Vergleiche die Monatsmittel von November und December 1884 zur Verfügung, welche der Registrirapparat der Wiener meteorologischen Warte ergeben hat. Die Resultate, welche Maurer durch seine Beobachtungen erhielt, gestatten jedoch nicht, einen Schluß auf das Verhalten der magnetischen Intensität zur Höhe zu ziehen. Ebensowenig ist es Liznar gelungen, ein positives Ergebniß zu erzielen bei ähnlichen Versuchen unter der Erdoberfläche.

Liznar beobachtete (1884) im Adalbert-Schachte des Silberbergwerkes zu Pribram in einer Tiefe von 1000 Meter, während als zweites Beobachtungslocal ein Keller im Administrationsgebäude des Bergbaues diente.

Was schon A. v. Humboldt besonders wünschenswert erschien, nämlich sich von der Erdoberfläche gänzlich zu entfernen, um eine endgiltige Lösung der Frage zu ermöglichen, ist also auch heute noch ein vollkommen gerechtfertigter Wunsch; die ersten derartigen Versuche mit Hilfe des Luftballons wurden schon im Jahre 1804 von Gay-Lussac gemeinschaftlich mit

Fig. 332.



Lamont's Declinationskarte für Deutschland.

Biot (am 24. August) und dann von Gay-Lussac allein (16. September) ausgeführt. Das hierbei erzielte Resultat, daß die Erdkraft bis zu einer Höhe von 21.600 Fuß dieselbe bleibt, ist jedoch kein endgiltiges, da bei diesen Versuchen die Verkürzung der schwingenden Nadel infolge der oben herrschenden sehr niedrigen Temperatur nicht berücksichtigt wurde, und es bleiben somit entscheidende Versuche gegenwärtig noch ausständig.

Was nun den Verlauf der magnetischen Linien anbelangt, so ist dazu zu bemerken, daß ein eingehenderes Studium desselben das Entwerfen von Specialkarten, die sich nur auf bestimmte Länder erstrecken, zur Voraussetzung

hat. Lamont hat dieſen Weg zuerſt betreten, indem er im Jahre 1854 ſeine magnetiſchen Karten für Deutſchland und Baiern entwarf. Eine verkleinerte Wiedergabe der Lamont'ſchen Karten ſtellen die Figuren 332, 333 und 334 dar.

Auf der Declinationskarte, Figur 332, geht die mit 0 bezeichnete Curve über München und über alle jene Orte, welche mit München gleiche Declination beſitzen; die in öſtlicher Richtung zunächſt folgende mit —1° bezeich-

Fig. 333.

Lamont's Inclinationskarte für Deutſchland.

nete Curve verbindet alle jene Orte, deren Declination um 1° geringer iſt als die in München, die mit —2° bezeichnete Curve verbindet alle Orte mit einer um 2° geringeren Declination u. ſ. w. und ebenſo geht die mit + 1° bezeichnete Curve über Orte, deren Declination um 1° größer iſt als in München u. ſ. w. Im Jahre 1852 betrug die Declination für München 15°40′, für Wien hingegen nur 13°20′, war alſo um ungefähr 2°20′ kleiner als in München.

In Figur 333, welche eine Darſtellung der iſocliniſchen Linien gibt, iſt wieder die durch München geführte Iſocline mit 0 bezeichnet und die

übrigen Isoclinen sind derart construirt, daß durch dieselben Orte verbunden werden, für welche die Inclination um 1, 2, 3 Grade größer (+) oder um 1, 2, 3 Grade kleiner (—) ist als die in München.

Die dritte, in Figur 334 wiedergegebene Karte endlich enthält die Isodynamen oder Curven gleicher Intensität. Auch hier ist die Intensität für München und jene Orte, welche mit München gleiche Intensität besitzen, gleich Null gesetzt und das Curvensystem auf dieser Grundlage ausgeführt.

Fig. 334.

Lamont's Intensitätskarte für Deutschland.

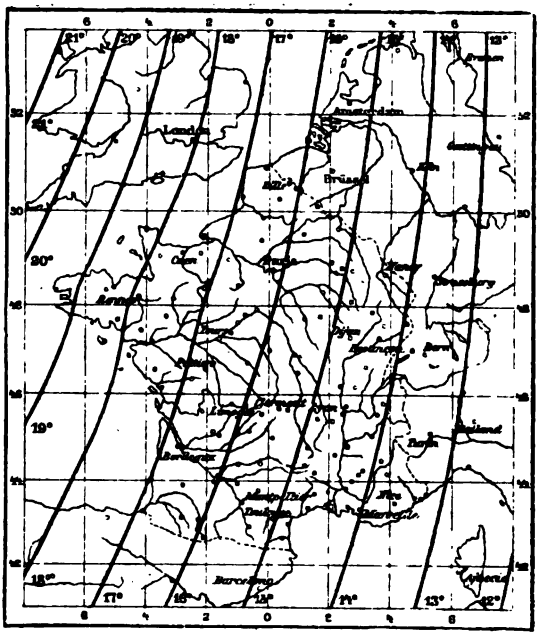
Die den Isodynamen beigesetzten Zahlen geben an, um wie viel die nach dem absoluten Maße gemessene horizontale Intensität größer oder kleiner ist als in München.

Für Frankreich wurden zuerst von Lamont magnetische Karten entworfen auf Grundlage von Beobachtungen, welche an 44 Stationen in den Jahren 1856 und 1857 ausgeführt wurden. In den Jahren 1868 und 1869 führten ähnliche Beobachtungen an 33 Orten Perry und Sidgreaves, in den Jahren 1875 und 1876 Marié-Davy und Descroix an 40 Orten aus; in den Jahren 1884 und 1885 endlich wurden

dieſe Arbeiten unter der Leitung Mascarts neuerdings aufgenommen und ſyſtematiſch durchgeführt.

Die Meſſungen wurden in der ſchönen Jahreszeit der genannten Jahre angeſtellt und erſtreckten ſich auf 167 Beſtimmungen der Declination, 137 der horizontalen Compoſante und 85 der Inclination; ſie beziehen ſich auf 78 über Frankreich entſprechend vertheilte Stationen. Die hierbei zur Verwendung gelangten Inſtrumente wurden eigens für Reiſezwecke angefertigt

Fig. 335.

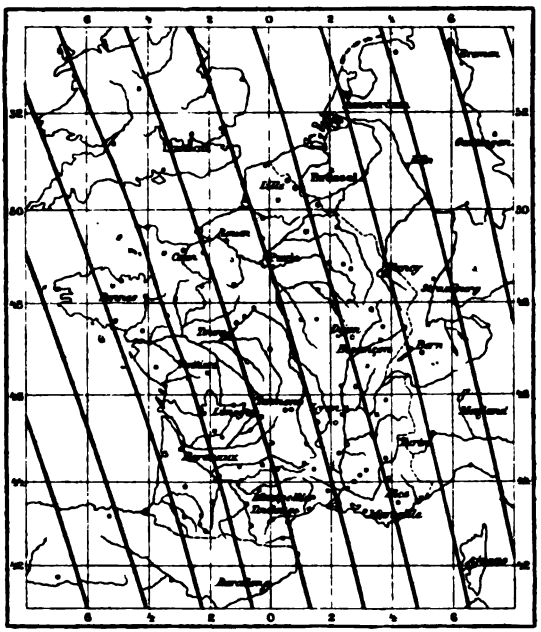


Declinationskarte von Frankreich (1885).

und beſtanden aus einem magnetiſchen Theodoliten zur Beſtimmung der Declination und der horizontalen Compoſante und aus einer Inclinationsbuſſole. Die getheilten Kreiſe dieſer Apparate haben Durchmeſſer von 8 Centimeter und geſtatten mit Hilfe der Nonien ein directe Ableſung von Minuten. Das Gewicht beider Inſtrumente ſammt den dazu gehörigen Futteralen überſteigt nicht 6 Kilogramm. Eine vollſtändige Serie von Meſſungen konnte, ohne die erforderliche Genauigkeit außer Acht zu laſſen, in weniger als fünf Stunden durchgeführt werden; ſie beſtand für jede Station gewöhnlich aus acht bis zwölf Sonnenbeobachtungen, behufs Beſtimmung des geographiſchen Meridianes,

aus zwei vollständigen Bestimmungen der Declination und der horizontalen Composante und einer Inclinationsmessung. Um an Ort und Stelle Zeitverluste zu vermeiden, war die Lage jeder Beobachtungsstation bereits im Vorhinein, vor der Abreise aus Paris auf der Generalstabskarte bestimmt worden. Die meisten Messungen, wenigstens die, welche sich auf die Declination und auf die horizontale Composante beziehen, wurden mit einem zweiten (Reserve-) Magnetstab wiederholt.

Fig. 336.



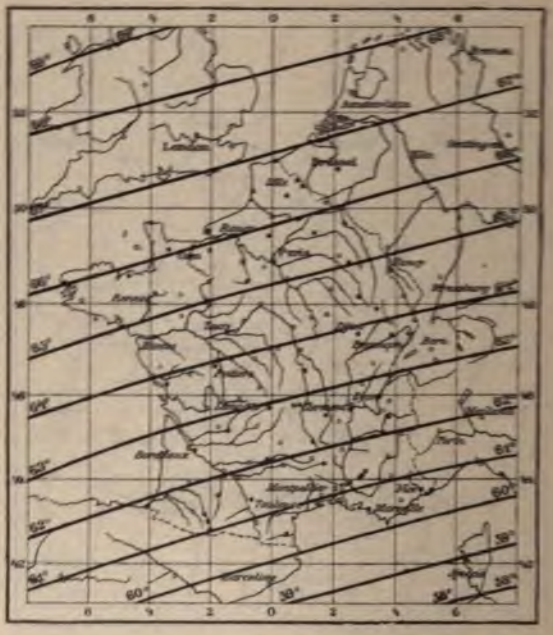
Linien, welche die Richtung der Magnetnadel angeben.

Die magnetischen Elemente sind, wie weiter unten noch ausführlicher angegeben werden soll, verschiedenen Veränderungen mit der Zeit unterworfen; man hat es daher zur Construction von Karten für nöthig erachtet, die unter so verschiedenen Umständen erhaltenen Messungsresultate dadurch mit einander vergleichbar zu machen, daß man sie alle auf einen und denselben bestimmten Zeitpunkt reducirte. Jede Messung, welche auf einer Station ausgeführt wurde, wurde mit den entsprechenden Elementen verglichen, welche der Registrirapparat im Parke von Saint-Maur geliefert hat. Die Differenzen, welche aus diesen Vergleichungen resultirten, wurden dann algebraisch dem

im Parke von Saint-Maur am 1. Januar 1885 beobachteten beigefügt; auf diese Art erhielt man für jede Station Werte, welche den magnetischen Elementen am 1. Januar des angegebenen Jahres entsprechen. Diese sind es auch, welche man zur Construction der magnetischen Karten benützt hat.

Figur 335 ist die verkleinerte Wiedergabe der Declinationskarte; man ersieht aus derselben, daß die Declination im Osten Frankreichs am geringsten ist: sie beträgt für Monaco 13° 11′ und für Belfort 14°; gegen Westen

Fig. 337.



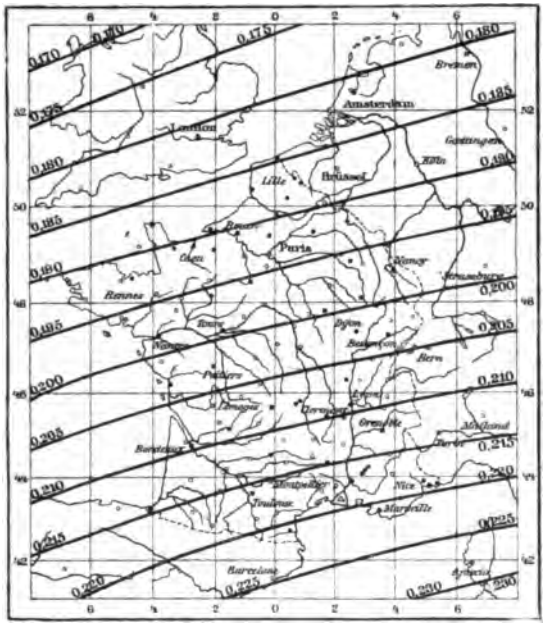
Inclinationskarte von Frankreich (1885).

zu steigt sie fortwährend und erreicht ihr Maximum mit 19° 25′ in der Bretagne. Im nördlichen Frankreich ändert sich die Declination von einem Grade geographischer Länge zum andern um 30′, im Süden jedoch um einen etwas geringeren Betrag; die magnetischen Linien treten im Norden näher aneinander als im Süden. Die Isogonen bieten auch eine bemerkenswerte Anomalie dar: sie zeigen in der Bretagne eine Krümmung, wie eine solche im ganzen übrigen Liniennetze nicht vorkommt. Diese Eigenthümlichkeit, welche durch eine große Anzahl von zu drei verschiedenen Zeiten angestellten Messungen außer Zweifel gesetzt wurde, hat man bis zu dieser Zeit nicht

erkannt; es scheinen in jenem Landstriche überhaupt keine Messungen ausgeführt worden zu sein.

Statt die Linien über jene Punkte zu führen, welche gleiche Declination besitzen, kann man auch die Winkel, welche die Declination darstellen, auf der Karte eintragen und erhält dann Linien, die die Richtung der Magnetnadel selbst darstellen: Auf diese Art ist die Karte in Figur 336 erhalten. Man erfährt hieraus die Declination für einen bestimmten Ort, indem man

Fig. 338.



Linien gleicher Horizontal-Componenten.

den Winkel mißt, welchen der magnetische Meridian mit dem geographischen an diesem Orte einschließt.

Die Linien, welche die Orte verbinden, deren horizontale Composante dieselbe ist, sind in Figur 337 dargestellt; sie sind von fünf zu fünf Einheiten der dritten Decimalstelle für die nach dem Centimeter-Gramm-Secundenmaße bestimmten Werte gezogen. Das Minimum wurde zu Dunkerque mit 0·18460, das Maximum zu Perpignan mit 0·22124 gefunden, das heißt also, daß dieses magnetische Element in der Richtung von Süden gegen Norden zu abnimmt.

Figur 338 endlich stellt die Linien gleicher Inclination dar; diese zeigen einen ähnlichen Verlauf wie die Linien in Figur 337, unterscheiden sich von diesen aber namentlich dadurch, daß die Werte für die Inclination in der Richtung von Süden gegen Norden zu steigen, und zwar von 60° 15′ in Port-Vendres bis 60° 53′ in Dunkerque.

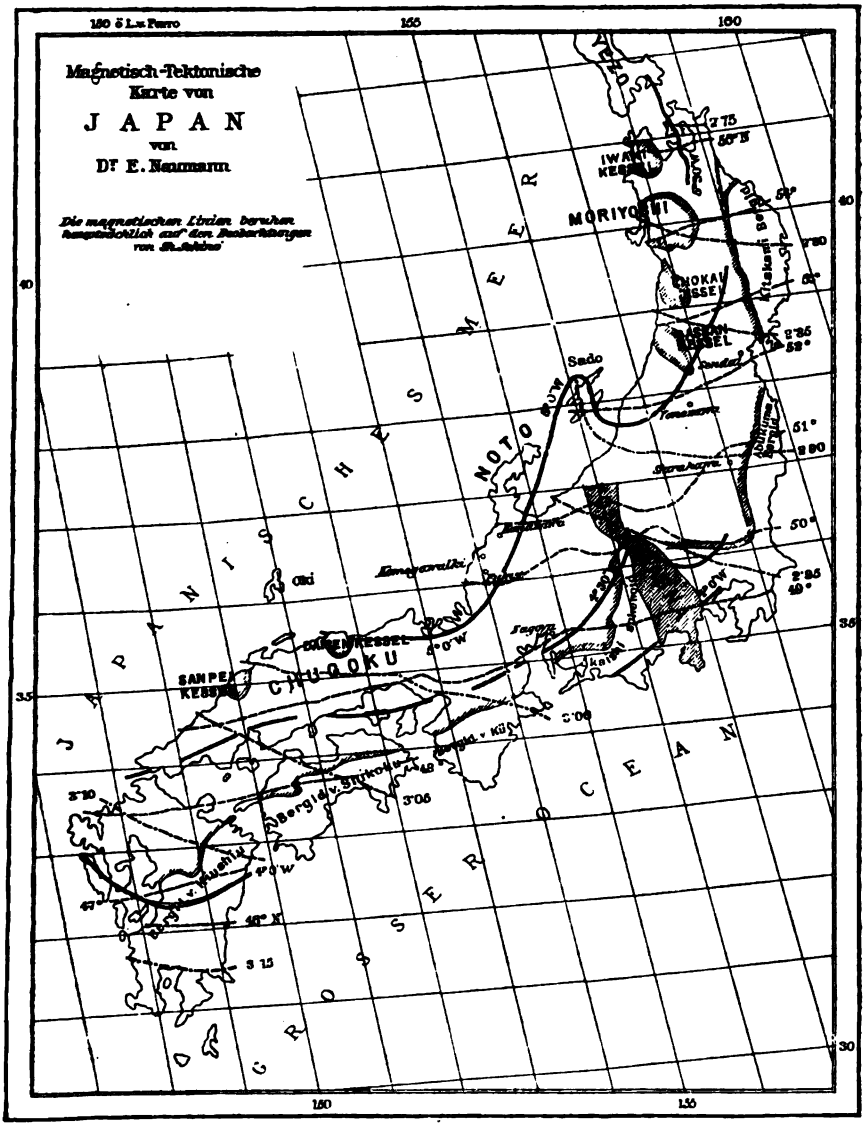
In demselben Maße als die magnetischen Detailaufnahmen zahlreicher werden, stellt es sich auch immer deutlicher heraus, daß der Verlauf der magnetischen Linien nicht immer ein so ganz einfacher ist, als man ursprünglich annahm. Ja noch in den letzten Jahren ist selbst von maßgebenden Beobachtern immer noch die Methode der Ausgleichung für solche Anomalien, welche man auf unterirdische Anhäufungen paramagnetischer Materialien schiebt, angewandt worden. Und doch hat schon Kreil in einer Abhandlung: »Ueber den Einfluß der Alpen auf die Aeußerungen der magnetischen Erdkraft«, datirt vom 26. Mai 1849, den Einfluß der Gebirge auf die magnetischen Linien und namentlich auf den Verlauf der Isogonen deutlich gekennzeichnet — allerdings ohne bestimmte Resultate erreicht zu haben. »Die Beobachtungen,« sagt Kreil, »welche bisher ausgeführt worden sind, um die Abhängigkeit der Aeußerungen der magnetischen Erdkraft von dem geographischen Orte darzustellen, haben gezeigt, daß diese Abhängigkeit nicht so einfachen Gesetzen unterliege, als man früher vermuthete, sondern daß die Beschaffenheit der Erdrinde darauf einen gewissen Einfluß ausübe. Denn außerdem, daß manche Punkte, an denen sich magnetische Mineralien in größerer Menge angehäuft finden, örtliche Störungen hervorbringen, deren Wirkung sich manchmal auf kurze, manchmal aber auf bedeutende Entfernung erstreckt, sieht man, daß diese Abhängigkeit in Gebirgsgegenden eine andere ist als in der Ebene.« Lamont erklärte (1851), er habe den von Kreil zuerst beobachteten, höchst merkwürdigen Einfluß der Tiroler Alpen auf die Richtung der Magnetnadel durch eigene Messungen bestätigt gefunden.

Im Jahre 1887 endlich wurde diese Frage von E. Naumann in einer größeren Arbeit einer eingehenden Betrachtung unterworfen; den äußeren Anlaß hierzu bot ihm die geologische Aufnahme Japans, mit welcher er, von der Ueberzeugung ausgehend, daß die magnetischen Erscheinungen durch den Vulcanismus beeinflußt werden, auch eine magnetische Aufnahme verband. Können wir hier auch keine eingehende Analyse dieser interessanten Arbeit geben, so wollen wir doch versuchen, nachstehend einiges daraus hervorzuheben.

Naumann hat bezüglich des Baues und der Gliederung der ganzen japanischen Inseln besonders auf die Gliederung des ganzen Gebirges nach drei deutlich ausgesprochenen Zonen hingewiesen und gezeigt, daß der ganze Bogen an seinem Scheitel eine tiefe, quer über das Inselland ziehende, mit

Vulcanen besetzte Furche aufweist, die Fossa magna. Diese Fossa magna hält **Naumann** für eine Spalte, eine Zerreißung, aber keinen jugendlichen

Fig. 339.



Einbruch, sondern sogar für eine Spalte, die von hohem Alter ist, wenn auch jünger als der longitudinale Hauptbruch des ganzen Gebirges.

Es ist nun unleugbar von hoher Bedeutung, daß eben in dieser Bruchregion Biegungen der Isogonen auftreten, so daß also der unmittelbare Zusammenhang dieser mit den tektonischen Linien unbestreitbar erscheint. Es sind nicht Anhäufungen magnetischer Mineral- oder Gesteinsmassen, welche die magnetischen Linien zur Aufbiegung zwingen. »Wollte man,« sagt Naumann,« die Verbreitung der Magneteisen führenden vulcanischen Gesteine als bestimmend für die Form der Curve ansehen, so müßten dieselben viel unregelmäßiger und verworrener laufen. Die Isogone von 5° W fällt in ihrem allgemeinen Verlauf mit einer tektonischen Linie zusammen. Das ist ein hochwichtiges Resultat. Wir können sagen, das ganze Gebirge beschreibe dort, wo die Fossa magna liegt, eine Knickung: Die Isogonen machen diese Knickung mit. Bisher hat man an einen so innigen Zusammenhang zwischen magnetischen und tektonischen Erscheinungen nirgends gedacht und ein schöneres Beispiel als das in Japan gebotene dürfte es schwerlich geben. Viele andere Gebirge, welche von magnetischen Linien quer durchschnitten werden, sind zwar imstande, Ablenkungen dieser Linien hervorzubringen, und in der That ist eine intensive Beeinflussung Regel, aber bei der Durchquerung ist die Art der Beeinflussung nicht so deutlich und es hält in solchen Fällen schwer, den Zusammenhang mit geologischen Erscheinungen festzustellen. Japan bietet den großen Vortheil, daß die Isogonen mit der Längsrichtung des ganzen Bogens einen ziemlich vollkommenen Parallelismus einhalten.«

»Wenden wir uns zu einer etwas eingehenderen Betrachtung des Netzes der magnetischen Linien (Fig. 339).*) Da verdient zunächst die 5° W Curve eingehendere Betrachtung; denn diese ist es, welche die große Einbuchtung bei der Fossa magna besonders deutlich hervortreten läßt. Nach der Sekinoschen Karte zieht die Linie zunächst am Nordrande von Chugoku hin, bricht bei der Bucht von Wakasa in das Land ein, um die größten Theile der Provinzen Echizen und Echiu nebst der ganzen Halbinsel Noto abzuschneiden, setzt sich in das japanische Meer hinein fort und biegt dann sehr plötzlich bei der Insel Sado zurück, um durch Beschreibung eines großen Kreisbogens bei Yonezaiva wieder in die normale Richtung des Inselbogens einzulenken. Der weitere Verlauf nach Norden zu wird nun durch eine Reihe von mehr oder weniger eng begrenzten Störungsgebieten beeinflußt; diese Störungen sind aber von keiner Bedeutung. Es muß bemerkt werden, daß die Declination für drei nahe der Küste von Echizen und Echiu gelegene Stationen, nämlich

*) Diese Karte ist in bedeutend verkleinertem Maßstabe nach der der Publication Naumann's beigegebenen Karte gezeichnet, auf welcher die magnetischen Linien größtentheils nach Messungen Sekino's gezogen sind.

für Fukui, Komegawaki und Kanazawa nicht ganz mit dem angegebenen Verlaufe der Curve stimmen wollen; die Werte sind nämlich zu gering. Die sich auf die angegebenen Punkte beziehenden Beobachtungen sowie die anderen von Kodari angestellten sind wohl als nicht ganz so zuverlässig anzusehen wie die Sekino'schen. Der Verlauf der Curve muß aber trotz alledem ungefähr so sein, wie in der Karte angegeben. Das geht aus gewissen Declinationsangaben in Seekarten hervor, die ich zu den zuverlässigsten dieser Art rechnen möchte. Was nun weiter die 4° 30′ W Isogone betrifft, so muß es auffallen, wie streng sich diese Curve im südlichen Theile des Landes an die Erstreckung des Binnenmeeres bindet. In der magnetischen, von Sekino herrührenden Originalkarte hat sie eine ziemlich wellige Form. Ich habe es vorgezogen, die Wellen zu vernachlässigen, da man sich doch immer der Beeinträchtigungen der Resultate durch Perturbationen zu erinnern hat und außerdem den an den Beobachtungen selbst haftenden Fehlern ein gewisser Einfluß zugestanden werden muß. Weil die Werte der Declination für die Stationen längs des Chugokukaido relativ nur geringe Unterschiede unter sich zeigen, muß zugegeben werden, daß die beiden letztgenannten Factoren die Curve ganz wesentlich vereinfachen, die Unregelmäßigkeiten vielleicht sogar ganz verschwinden machen könnten.«

»Folgen wir der 4° 30′ W Isogone weiter nach Osten, so sehen wir, daß sie schließlich in der Nähe von Nagoya eine plötzliche Wendung macht, um nordnordostwärts zu streben. Dieses Umbiegen und Einwärtsbiegen scheint ganz genau so vor sich zu gehen wie bei den Falten des Akaishisphenoids. Auf der anderen Seite der Fossa magna sinkt die Linie denn auch wieder durch eine ebenso plötzliche Wendung wie vordem zu ihrer normalen Stellung herab. Ich will hier nicht unterlassen, ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß sechs zur Construction der beschriebenen Linie benutzte Declinationswerte aus dem Jahre 1880 herstammen. Sie hätten eigentlich einer Reduction auf die Epoche 1882—1883 unterworfen werden sollen. Doch ändert ein solches Verfahren, wie man sich leicht überzeugen kann, an der Sache nichts Wesentliches. Weiter nach Norden folgt nun für die 4° 30′ W Curve zunächst ein wellenförmiger Verlauf, ähnlich wie im Süden, dann eine bedeutende Unterbrechung bei Sendai und im äußersten Norden der Hauptinsel wieder ein sehr gleichmäßiger Verlauf der Linie.«

»Diejenige Linie, welche alle Punkte mit einer Declination von 4° verbinden soll, scheint durch die Fossa magna eine so wesentliche Modification, wie wir sie bei den Isogonen von 4° 30′ und 5° kennen gelernt haben, nicht zu erleiden. Möglicherweise übt der Fujinoyama einen besonderen Einfluß aus, was das Fehlen eines einspringenden Winkels erklären würde.

Im übrigen ist das Beobachtungsmaterial für die Bestimmung dieser Isogone nicht hinreichend.«

»In der Bruchregion bemerkt man Wellungen in den Isoclinen, die von nicht unbeträchtlichen Dimensionen sind. Sonst treten keine nennenswerten Unregelmäßigkeiten auf. Die Vertheilung der Beobachtungspunkte ist aber eine gerade für die Isoclinen sehr ungünstige. Das kann man z. B. im Norden der Hauptinsel sehr deutlich sehen, wo die von Nord nach Süden führende Verbindungsroute der Stationen immer nur einmal von je einer Isocline durchschnitten wird. Glücklicherweise bieten die Curven gleicher Horizontalkraft mehr Klarheit. Wir sehen, wie die Linie 2·90 von Ost her in der Richtung Ostwest bei Shirakawa in die Hauptinsel eintritt, in der Mitte des Landes nach Nordwesten einlenkt und dabei so stark dreht, daß sie zuletzt die Insel Sado schneidet und eine nordsüdliche Richtung annimmt. Hierdurch gewinnt die große Einbuchtung der Isogonen noch mehr an Bedeutung.«

Naumann hat, um die Abhängigkeit der erdmagnetischen Erscheinungen von der Erdrindenstructur nachzuweisen, sich nicht nur auf die magnetische Aufnahme Japans beschränkt, sondern auch die magnetischen Aufnahmen in Europa, Amerika, Asien und Australien einer eingehenden Untersuchung unterworfen und ist dabei zu dem Resultate gelangt, daß zwischen den magnetischen und den tektonischen Linien ein unverkennbarer Zusammenhang besteht.

Zu den bedeutendsten Anomalien, auf welche Naumann bezüglich Europas hinweist, gehören die an der Westküste von Schottland und jene des Finnischen Meerbusens. Bezüglich der ersteren macht Naumann darauf aufmerksam, daß derartige Anomalien in der Aeußerung der magnetischen Kraft schon in den Jahren 1857—1858 gelegentlich der von Welsh ausgeführten magnetischen Aufnahme von Schottland festgestellt wurden, daß die Nachbarschaft der Insel Mull einen außerordentlichen Einfluß auf die Magnetnadel ausübe. Der Mittelpunkt des Störungsgebietes mußte den Beobachtungen zufolge ein wenig südlich von Mull und sehr tief unter der Oberfläche liegen. Nach Judd ist die centrale Berggruppe der Insel nichts als der denudirte Kern einer vulcanischen Aufschüttung, deren Basis zum Mindesten 40 Meilen im Umfange messen müßte. Die Lavaströme, welche diesem Eruptionsherde entquollen, wälzten sich hier auf ungeheure Entfernungen hin und thürmten sich zu Massen von 2000' Mächtigkeit. Dem Magneteisengehalte der Gesteine nun, welche den Kern und die Ströme bilden, als Gabbro, Dolerit, Basalt, Tachylit u. s. w., werden die magnetischen Störungen zugeschrieben. Die von Thorpe und Rücker ausgeführten Beobachtungen haben die aus den älteren Arbeiten über die Vertheilung des Magnetismus gewonnenen Resultate vollkommen bestätigt.

Die magnetiſchen Unreg
ſchon geraume Zeit bemerkt u
an den Klippen der irreführe
Einfluß auf die Magnetnadel
Dagö, Oeſel und dazwiſchen li
der magnetiſchen Kräfte ſoll ſi
im Süden den Rigaiſchen Me
an einzelnen Orten ſehr bedeu
magnetiſchen Kraft im Finni
neun Pole gefunden zu haben,
Lenz ſchreibt dieſe Anomalie de
eiſenſtein zu, während Nau
Magneteiſenerz wohl kaum ein
einen äußerſt geringen Ertrag

Anomalien kommen aber
hinein im Finniſchen Meerbuſe
einer breiten Zone vom Finni
dem Weißen Meere zu und ü
Ausdehnung dieſer Störungen
Lagerſtätten als Urſachen ſchließ
vielmehr auf das Vorhandenſei
hin. An der Hand einer geognoſti
gewieſen, daß das geſammte Ge
land und Finnland von Gneiß,
während hingegen auf der Si
Schichten in ganz flachen Falt
letzteren tritt als breiter Streif
Streifen nach Nordoſt hinauf z
zwiſchen dem alt-kryſtalliniſchen
auf der Inſel Hochland erupt
pentin. Nach Bär bilden di
Rodſcher eine fortlaufende Lini
unter der Folge von Depreſſion
Kundrelaska und Onega, in der
eine mächtige Spalte, deren Bil
tionen möglich gemacht hat. »G
vom Finniſchen Meerbuſen bis
gegen die ruſſiſche Tafel mit
Eruptionserſcheinungen entbehrt.

Es kann, wie Naumann meint, keinem Zweifel unterliegen, daß die das finnisch-lappländische Gebiet von den südlichen Gegenden abtrennende Linie oder Zone eine ganz hervorragende geologische Bedeutung hat, und ebensowenig wird man zögern, dem Gebiete der magnetischen Anomalien ein erhöhtes Interesse zu schenken, weil es in dieser Grenzzone, in der Spalte gelegen ist. Weitere Aufschlüsse sind allerdings erst von eingehenden geologischen und magnetischen Untersuchungen zu erwarten.

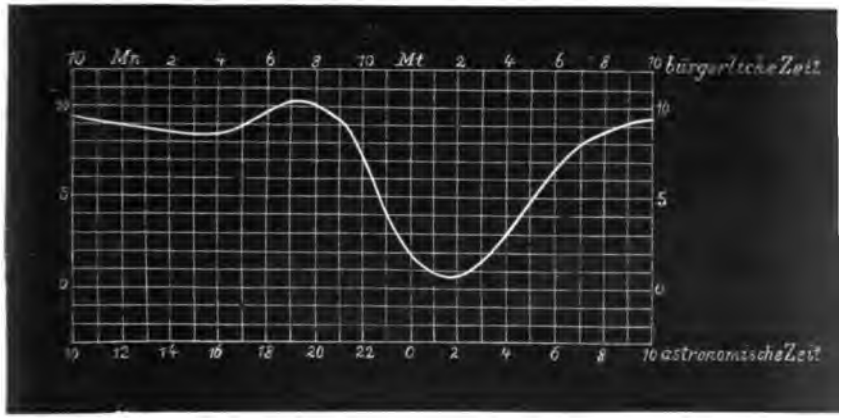
Von schlagender Beweiskraft für die Nothwendigkeit einer unausgesetzten Berücksichtigung der Erdrindenstructur bei magnetischen Aufnahmen hält Naumann die über die Palisaden bei New-York laufenden magnetischen Profile Locke's. Bei Geologen erfreuen sich die Kliffe am Hudson großer Berühmtheit. Hier geht eine vom Hudson unter flachem Winkel abfallende, säulenförmig abgesonderte, mächtige Dioriteinlagerung des triassischen New Red Sandstone zu Tage. Auf der Ostseite der Kliffe erscheinen Laurentische Gneiße. An drei Punkten der Palisaden: Snake Hill, Fort Lee und Paterson untersuchte Locke die Aenderungen der Inclination und Intensität quer zu der Klifflinie und entdeckte in den drei Fällen ganz dasselbe höchst merkwürdige Verhältniß. Am Fuße der Dioritwand vermindern sich Inclination und Intensität, oben aber auf der Höhe, nahe dem Rande, wachsen sie gewaltig über das Mittel des umgebenden Landes. Die Ursache dieser Unregelmäßigkeiten glaubt Naumann keineswegs in der Dioriteinlagerung suchen zu sollen, sondern vielmehr in der den Palisaden entsprechenden Verwerfungskluft; eigentlicher Gesteinsmagnetismus scheint, da Locke nichts davon erwähnt, nicht vorzukommen.

Naumann weist ferner auch auf die Resultate hin, welche durch die erdmagnetischen Beobachtungen der Brüder Schlagintweit in Indien und Hochasien erzielt wurden, wobei sich ein unzweifelhafter und bedeutender Einfluß des Himalaya auf den Verlauf der magnetischen Linien ergab; ferner auf die magnetische Aufnahme des indomalayischen Archipels durch Rijekevarsel in den Jahren 1874—1877, wobei sich auch bedeutende Unregelmäßigkeiten ergaben und von Rijekevarsel dem Einflusse vulcanischer Gesteine zugeschrieben werden; ferner auf die Aufnahme des südöstlichen Theiles von Australien durch Neumayer, der sich bezüglich des unregelmäßigen Verlaufes der erdmagnetischen Linien äußert: ob die sämmtlichen Eigenthümlichkeiten der isogonischen Linien in Victoria durch geologische Formationen zu erklären sind — am verbreitetsten ist paläozoischer Sandstein — das zu entscheiden muß künftiger Forschung vorbehalten bleiben; endlich wird auch der Störungen auf den oceanischen Inseln auf Grund der Beobachtungen Creak's gedacht. Alle diese Beobachtungen weisen aber nach

Naumann's Dafürhalten darauf hin, daß man diese Anomalien ol Unregelmäßigkeiten nicht als ungebetene Gäste zu behandeln hat, mit den man nicht recht fertig werden konnte und die man am liebsten zur Th hinausgeworfen hätte, sondern daß es vielmehr sehr an der Zeit ist, l magnetischen Aufnahmen eine ganz besondere Aufmerksamkeit gerade für di Unregelmäßigkeiten zu fordern.

»Wir sind allerdings jetzt noch weit davon entfernt,« sagt Nauman »zu ergründen, welche Rolle die magnetische Erdkraft in der Entwicklung geschichte der Erde gespielt hat, zu untersuchen, ob überhaupt die Veränd rungen in der Erdkruste und auf der Erdoberfläche unter dem Zwange ihr

Fig. 340.



Declinationscurve für Göttingen.

Herrschaft gestanden haben; so viel steht aber fest, daß sich der Verla großer Gebirge, das Auftreten herdförmig begrenzter Durchbrüche und sonsti bedeutende Structurerscheinungen in den Darstellungen über die Vertheilu der magnetischen Kraft auf das unzweifelhafteste ausprägt. . . .« Wo au immer eine auf hinreichender Stationenzahl beruhende Aufnahme vorlieg und die Kartendarstellungen nicht durch ideale Voraussetzungen verdüfte erscheinen, da macht sich der Einfluß tektonischer Linien auf das Deutlichs geltend.«

Wir haben bisher die erdmagnetischen Elemente betrachtet, ohne dara Rücksicht zu nehmen, ob dieselben für jeden Punkt der Erdoberfläche als co stante Größen aufzufassen sind oder ob sie mit der Zeit Veränderungen e leiden; hiermit wollen wir uns nunmehr beschäftigen. Die erdmagnetisch

Beobachtungen haben diesbezüglich bald ergeben, daß die genannten Elemente allerdings verschiedenen Aenderungen mit der Zeit unterliegen. Man kann diese Aenderungen unterscheiden in tägliche Variationen, in jährliche Variationen und in Perturbationen oder magnetische Gewitter.

Die täglichen Variationen der Declination nehmen für Deutschland im Großen und Ganzen folgenden Verlauf: Von der östlichsten Stellung, welche die Nadel gegen 8 Uhr Morgens einnimmt, ausgehend, bewegt sich das Nordende ziemlich schnell in westlicher Richtung und erreicht zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags seinen westlichen Wendepunkt; hierauf dreht es sich wieder in östlicher Richtung, wobei diese Drehung in den Nachmittags- und Abendstunden rascher erfolgt als in den Nachtstunden. Für Göttingen ist dieser Gang der Declinationsnadel durch die Curve in Figur 340 dargestellt; hierbei ist die Zeit durch die Abscissen gegeben, während auf den Ordinaten die Variationen der Declination aufgetragen sind, und zwar derart, daß der Abstand zweier Verticallinien dem Zeitraume einer Stunde und der Abstand zweier Horizontallinien der Winkeldifferenz von einer Minute entspricht. Die Bewegung des Nordendes der Nadel nach Osten kommt also in einem Steigen, jene nach Westen in einem Fallen der Curve zum Ausdrucke. Den Winkel, welcher durch die östlichste und westlichste Stellung der Nadel eingeschlossen wird, nennt man die Amplitude der täglichen Bewegung, diese ist jedoch nicht für alle Tage des Jahres dieselbe, sondern sie ändert sich vielmehr mit der Jahreszeit, so zwar, daß z. B. in Deutschland die Amplitude im Sommer größer ist als im Winter.

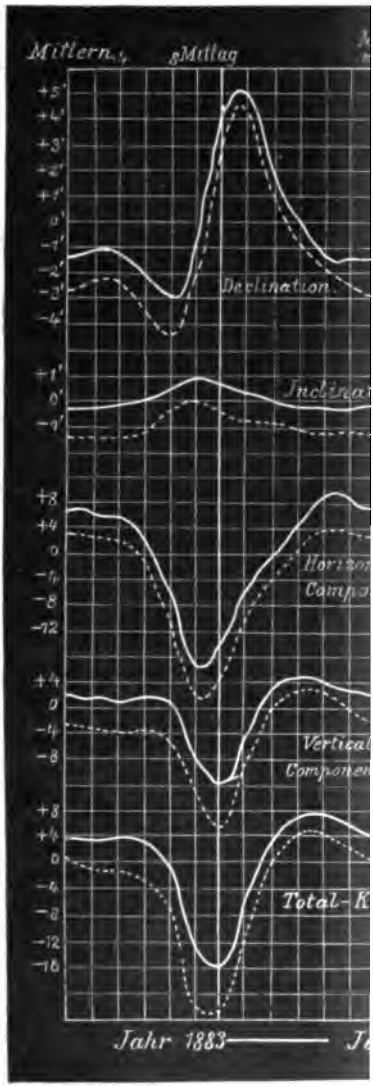
Liznar erhielt aus den Wiener Beobachtungen in den Jahren 1878 bis 1884 im Mittel nachstehende Werte für den täglichen Gang der Amplitude:

Januar	0·80	Juli	1·95
Februar	1·07	August	1·90
März	1·56	September . . .	1·75
April	1·99	October	1·50
Mai	1·95	November . . .	1·05
Juni	2·10	December . . .	0·81

Die tägliche Schwankung erreicht also zur Zeit des Sommersolstitiums ihr Maximum, während das Minimum auf das Wintersolstitium fällt. Aus der Beobachtung des täglichen Ganges ergab sich ferner auch, daß die Declination in den Sommermonaten nur ein Maximum und ein Minimum besitzt, während in den Wintermonaten noch ein zweites Maximum und Minimum ganz deutlich hervortreten. Das Maximum tritt im Sommer später ein als im Winter, das Minimum des Sommers fällt auf die

Morgenſtunden, während der Winter das ti
aufweiſt.

Fig. 341.



Tägliche Variatione

Ebenſo wie die Declination unterliegen
Intenſität täglichen Variationen; während

clination einen jenen der Declination analogen Verlauf nehmen, zeigt die Tagescurve der Intensität einen entgegengesetzten Verlauf; es ist dies z. B. deutlich aus Figur 341 zu ersehen, in welcher die täglichen Variationen (für die Jahre 1883 und 1884) nach den Aufzeichnungen der oben beschriebenen Registrirapparate im Parke von Saint Maur dargestellt werden. Man erkennt daraus, daß die Declination jeden Tag zwei Maxima und zwei Minima erreicht, von welchen das Hauptminimum um 8 Uhr 20 Minuten Morgens, das Maximum um 1 Uhr 20 Minuten Nachmittags auftritt. Die Zeit des Maximums bleibt im Laufe des Jahres ziemlich constant; das Minimum hingegen findet im Sommer um 7 Uhr, im Winter um 9 Uhr statt. Die Amplitude der Hauptoscillation betrug 9·9′ im Jahre 1883 und 10·9′ im Jahre 1884, sie erhebt sich auf 14′ in der Zeit des Sommersolstitiums und fällt auf nur 6′ im Winter. Bei der nächtlichen Schwankung zeigt sich das Minimum um Mitternacht, das Maximum um 3 Uhr Morgens.

Die Aenderung der Horizontalcomponente zeigt nur eine deutliche Periode, deren Minimum 10 Uhr 30 Minuten Morgens, deren Maximum 8 Uhr oder 9 Uhr Abends, im Winter zeitiger, im Sommer später stattfindet. Der Verticalcomponente zeigt eine doppelte tägliche Schwankung. Das Hauptminimum fällt auf Mittag, das Hauptmaximum zwischen 6 Uhr und 7 Uhr Abends. Für die magnetische Totalkraft fällt bei der Hauptschwankung das Minimum auf 11 Uhr 30 Minuten Vormittags und das Maximum zwischen 7 Uhr und 8 Uhr Abends.

Die tägliche Aenderung der Inclination wurde aus den Aenderungen der beiden Componenten hergeleitet. Die Curve zeigt nur eine deutliche Schwankung, deren Maximum um 10 Uhr Morgens eintritt. Die Amplitude beträgt ungefähr 2·5′ im Sommer und 1·01′ im Winter. Das Mittel betrug 1·8′ im Jahre 1883 und 1·9′ im Jahre 1884.

Wie bereits oben angedeutet, unterliegen die erdmagnetischen Elemente nicht nur solchen Variationen, welche sich in dem Zeitraume eines Tages abspielen, sondern es lassen sich auch Aenderungen beobachten, welche im selben Sinne Jahrzehnte oder Jahrhunderte lang fortschreiten; man bezeichnet sie daher als *säculare* Variationen oder Schwankungen. Solche lassen sich z. B. aus der nachstehenden von Lamont veröffentlichten Tabelle ersehen, in der die Werte der magnetischen Größen für München angegeben sind.

Jahr	Declination	Inclination	Intensität
1853	15° 27·00′	64° 49·0′	1·9578
1854	19·45′	45·6′	1·9614
1855	11·72′	43·3′	1·9639
1856	15° 5·41′	39·6′	1·9680

Jahr	
1857	1
1858	
1859	
1860	
1861	
1862	
1863	
1864	
1865	14
1866	13
1867	
1868	
1869	
1870	
1871	13

Dieſe Werte zeigen, die Declination und die Ji ſtetig zugenommen hat.

Für Paris ſind die ? und erlagen ſeither nachſteh

Jahr	Decli
1580 . .	11° 30
1618 . .	8° 00
1666 . .	0
1678 . .	1° 30
1700 . .	8° 12
1780 . .	20° 35
1790 . .	22° 0(

Hieraus ergibt ſich, für Europa überhaupt, di hunderts eine öſtliche war, während zunehmend, im J weſtliche Declination im Al mittlere Abnahme per Ja 7·2′ für Nantes, 7·4′ für

Ebenſo wie die T Aenderungen erkennen; in

Jahr	Inclination	Jahr	Inclination
1661 . . .	75° 00′	1820 . . .	68° 20′
1758 . . .	72° 15′	1829 . . .	68° 41′
1780 . . .	71° 48′	1851 . . .	68° 35′
1805 . . .	69° 11′	1875 . . .	65° 34′
1810 . . .	68° 50′	1887 . . .	65° 16′

Gegenwärtig ist die Inclination im Abnehmen begriffen, so zwar, daß sie sich im Mittel per Jahr beiläufig um 3′ im südlichen, und um einen etwas geringeren Grad im nördlichen Frankreich vermindert. Es sind gegenwärtig in Abnahme begriffen: die Declination, die verticale Componente, die Inclination und die Totalintensität; im Wachsen hingegen befindet sich die horizontale Componente. Vergleicht man ferner die in jüngster Zeit entworfenen Karten mit jenen, welche Lamont 30 Jahre vorher entworfen hat, so bemerkt man, daß sich die magnetischen Linien nicht parallel zu sich selbst verschieben.

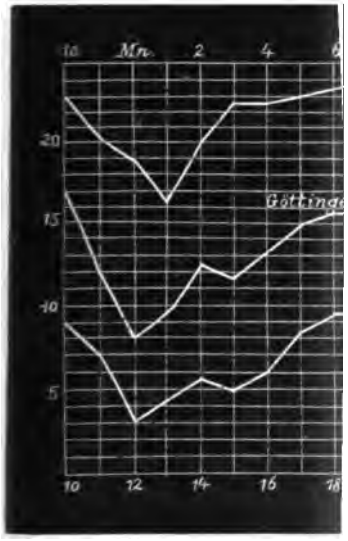
Die Beobachtungen, welche aus Rio de Janeiro speciell über die Aenderungen der Declination vorliegen, veranlaßten Cruls bereits die Dauer der säcularen Variationen zu bestimmen. Wie Cruls angibt, wurden nachstehende Werte beobachtet:

Zeit der Beobachtung	Declination
1768·5	— 7° 57′
1783·5	— 6° 60′
1787·5	— 6° 20′
1821·5	— 2° 9′
1830·4	— 2° 14′
1836·5	— 2° 00′
1857·5	+ 1° 33′
1866·0	+ 2° 70′
1876·5	+ 4° 43′
1885·0	+ 5° 33′

Cruls berechnet hieraus für die säculäre Variation der Declination in Rio de Janeiro eine Periode von 450 Jahren; die größte östliche Ablenkung der Nadel soll 7 Grad betragen haben und zum letzten Male um das Jahr 1761 erreicht worden sein, die größte westliche Abweichung 15 Grad betragen und zunächst wieder um das Jahr 1986 erreicht werden; die Nadel hätte sonach ihre Mittelstellung, d. i. 3 Grad 8 Minuten W. um das Jahr 1874 eingenommen.

Außer den normalen Variationen, welche durch den mittleren täglichen Verlauf z. B. durch die Curve in Figur 340 dargestellt werden, läßt eine

aufmerkſame Beobachtun
ſtoßweiſe Schwankungen
mäßigen Ganges der Nade
Gewittern hat bereits
ſeiner Anregung haben
magnetiſchen Störungen
liche Beobachtungen an
ausgeführt wurden. Die
Förderung durch die vo



welchen eine größere Anz
auch in den angrenzenden
Beobachtungen wurden
24 Stunden lang von 5
als Normalzeit galt. In
Leiter Gauß war, kame
Veröffentlichung.

Die Beobachtungen
daß die Reſultate von 5 z
ſind derartige Curven in

mit den Veränderungen von Stunde zu Stunde wiedergegeben. Die drei Curven entsprechen den Terminbeobachtungen, die vom 28. auf den 29. Mai 1841 in Upsala, Göttingen und Mailand ausgeführt wurden. Die Störungen stellen sich im allgemeinen als ein Schwanken der Declinationsnadel um den mittleren täglichen Gang dar, so zwar, daß dieser in den Hauptzügen noch beibehalten bleibt; man erreicht dies z. B. durch Vergleichung der mittleren Declinationscurve (Fig. 340) für Göttingen mit der diesem Orte entsprechenden Störungscurve in Figur 342. Die Störungen sind gewöhnlich desto bedeutender, je näher die Beobachtungsstation den Polargegenden liegt. Aus diesen Beobachtungen ergab sich auch für die Declinationsnadel ein fast gleichzeitiger und paralleler Gang in allen Stationen derselben Hemisphäre.

In Figur 343 sind die Terminbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841 für Upsala, Göttingen, Mailand und das Cap der guten Hoffnung dargestellt. Die Curven der drei erstgenannten Stationen zeigen wieder die bereits angegebene Uebereinstimmung des Ganges der Magnetnadel; die unterste Curve aber zeigt Schwankungen, welche fast ganz entgegengesetzt sind jenen durch die drei oberhalb befindlichen Curven dargestellten Schwankungen; die Schwankungen der nördlichen Halbkugel scheinen also zu jenen der südlichen Halbkugel im Gegensatze zu stehen.

Das magnetische Ungewitter, welches vom 30. Januar bis 1. Februar 1881 stattfand, wurde von Wild genauer untersucht, der hierbei als Hauptmaterial die Aufzeichnungen der Magnetographen in Toronto, Stonyhurst, Kew, Lissabon, Coimbra, Brüssel, Wien, Zikawei, Bombay und Melbourne benützte. Die mehr qualitative Vergleichung der untereinandergesetzten Curven gibt nach einem Berichte in der »Meteorologischen Zeitschrift« nachstehende interessante Resultate.

Die Störung begann überall zur selben Zeit, nämlich um 9 Uhr 40 Minuten Nachmittags (Pawlowsker Zeit) am 30. Januar und erreichte am 1. Februar um 8 Uhr Vormittags ihr Ende. Die Periode der maximalen Störung, 5 bis 11 Uhr Nachmittags am 31. Januar, entspricht genau derjenigen, zu welcher in England, Deutschland und Rußland in den Telegraphenlinien die stärksten Erdströme (welche weiter unten ausführlich besprochen werden sollen) beobachtet wurden. Um die Mitte dieses Zeitintervalles fand auch in Europa die stärkste Entwicklung des Nordlichtes statt. Vergleicht man die Details der Declinationscurven, so ersieht man für Stonyhurst, Kew, Utrecht, Brüssel, Coimbra, Lissabon und Wien — Orte, deren maximale Längendifferenz 25 Grad 45 Minuten und deren größte Breitendifferenz 15 Grad 9 Minuten beträgt — eine vollständige Aehnlichkeit bis in alle

selbe gilt von Toronto, wo aber auch Bewegungen vorkommen, zu denen Analoga in allen anderen Curven fehlen. Diese Resultate stehen also in Uebereinstimmung mit den vorbesprochenen des magnetischen Vereines.

Für die Horizontal- und Verticalintensität gilt im wesentlichen dasselbe. In vielen Fällen plötzlicher Schwankungen entspricht einer Zunahme der Horizontalintensität auch eine solche der Verticalintensität; hieraus wäre zu schließen, daß die Inclination im allgemeinen weniger gestört wurde als die Totalintensität. Die Störung betraf also hauptsächlich die Declination und die Totalkraft; einer Zunahme der westlichen Declination entspricht im allgemeinen eine Abnahme der Intensität. Weitere Vergleichungen ergaben, daß die Inclination durchwegs viel weniger gestört wurde als die Declination; dagegen erlitt die Totalkraft überall, Melbourne ausgenommen, eine beträchtliche Veränderung. Auch bei der Inclination zeigt sich theilweise eine Uebereinstimmung der Curven in derselben Weise, wie dies oben von den Declinationscurven gesagt wurde; ganz besonders tritt aber der entgegengesetzte Charakter der Variationen in Europa und Amerika bei der Totalkraft hervor. Die Differenz der Maxima und Minima der drei Elemente betrug in

Ort	Declination	Inclination	Totalkraft
Toronto . . .	1° 27′	0° 11′	0·0720
Pawlowsk . . .	2 33	0 25 (?)	0·0641 (?)
Stonyhurst . .	1 30	0 35	0·0154
Melbourne . .	0 26	0 12	0·0062
Tiflis	0 22	0 19	0·0116

Betrachtet man die Eintrittszeiten der Maxima und Minima, so ersieht man, daß diese nicht für alle Orte zusammenfallen. Die Vergleichung der Amplituden, nicht bloß der hier angeführten Orte, sondern aller im Anfange angegebenen, ergibt die Declinationsvariation am größten für Pawlowsk, darauf folgen der Reihe nach Stonyhurst, Toronto, Kew, Brüssel ꝛc.

Auch die Inclinationsvariationen dürften wohl in Pawlowsk die bedeutendsten gewesen sein, ohne Unterbrechung der Registrirung; so ist sie am größten in Stonyhurst, dann folgt aber nicht Toronto, sondern vorher noch Tiflis und Melbourne. Auch die Intensitätsvariation würde für Pawlowsk am größten sein (ohne die besagte Unterbrechung), dann folgen Toronto, Tiflis und Stonyhurst.

Die Reciprocität im Verlaufe der Intensitätsstörungen der erdmagnetischen Kraft gewisser Orte, die hier zum ersten Mal nachgewiesen ist, würde, wenn sie sich allgemein bestätigen sollte, vielleicht auf die wichtige Thatsache hinführen, daß bei den magnetischen Störungen die magnetische Kraft

der Erde in ihrer G
Vergrößerungen der
Verkleinerungen an
störenden Kräfte mit
dingen.

Eine bedeutende St
Theil der Welt erſtreckte
Frankreich, England, Bel
Der Verlauf derſelben m
im Parke von Saint-Mau
gegeben werden.

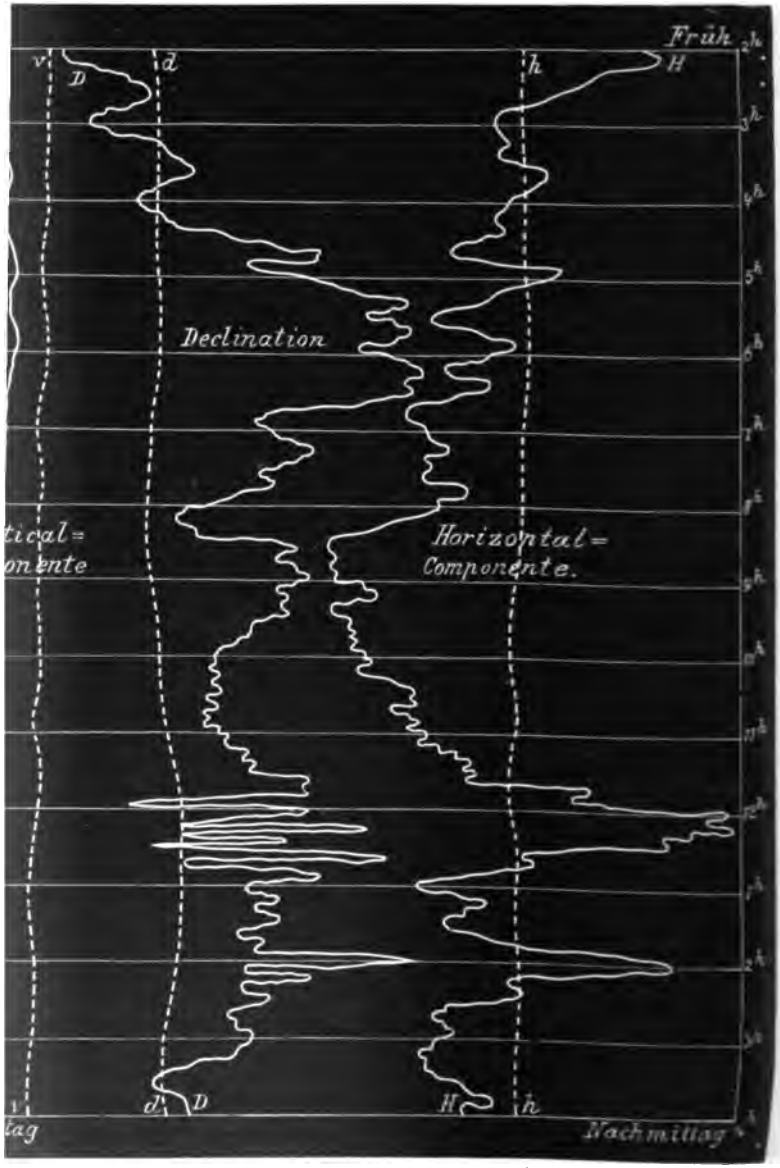
Die ganze Störun
Perioden erkennen. Die
zum 12. November; am
tude ſtufenweiſe. Am 13. ze
während ſie ſonſt zu di
gleichzeitig variirte der
normalen Betrages.

Die zweite Störun
auf die Zahl als auch a
Sie trat am 17. Novemb
und dauerte ohne Unter
Beginn derſelben und N
Abends war die Bewegu
Lichtwirkung trotz der
Gelatine-Papieres nicht e
12 und 1 Uhr war die
4 Uhr Morgens erreichte
Declination variirte in
und die Horizontalcomp
erwies ſich die Verticalco
mittags ſchienen die Mag
tionen folgten ſehr raſch
einer bemerkenswerten
Nacht zu und dann ſtellt
her. Die äußerſten Gren
nation 1 Grad 18 Min

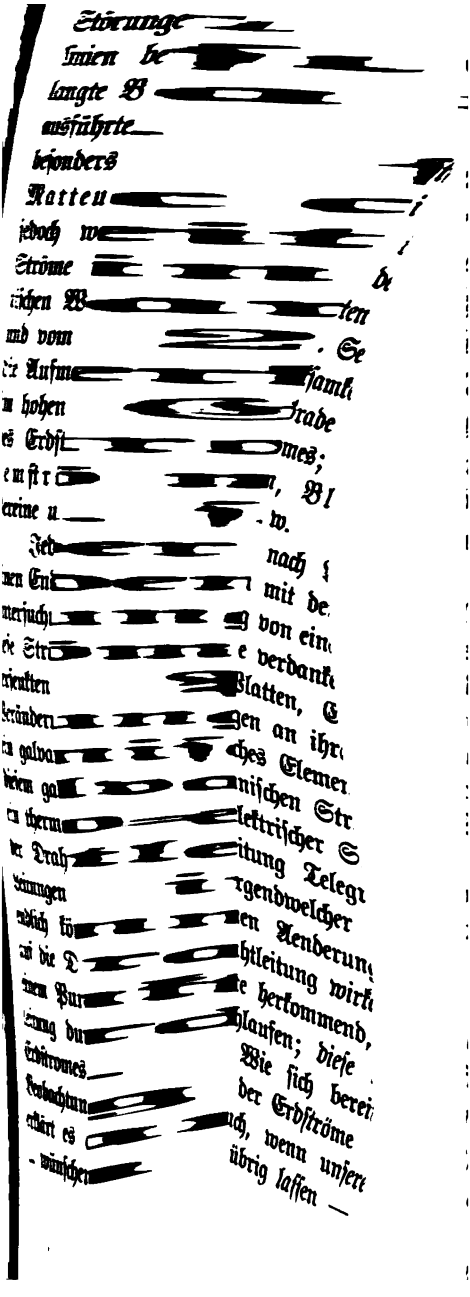
Gleichzeitig mit die
am 17. wurden die te

wöhnlich ſtarke Ströme geſtört und für Momente ganz unter-
: Maxima der Stromſtärken trafen genau mit den größten Ab-

Fig. 344.



Magnetiſches Gewitter vom November 1882.



:n periodisches Auftreten der Ströme in den Telegraphen-
beſtand, daß der Strom um 10 Uhr Morgens und
Stunde Abends gänzlich ausblieb und daß die Strom-
ener bei Nacht entgegengeſetzt war. Durch fortgeſetzte
ɔe auch erkannt, daß zur Zeit großer magnetiſcher
onders intenſiver Nordlichter auch in den Telegraphen-
cke Ströme auftreten. Zu Reſultaten ähnlicher Art ge-
ıer, der auf der Linie Wien-Graz ſeine Beobachtungen
allendes Zuſammentreffen magnetiſcher Störungen mit
Strömen in den Telegraphenlinien wurde ferner von
7. November 1848 beobachtet; dieſe Erſcheinung wurde
ffen durch die faſt auf der ganzen Welt beobachteten
legraphenleitungen gleichzeitig mit der durch die magne-
ſtatirten großen magnetiſchen Störung vom 29. Auguſt
ıber 1859. Dieſe großartige Manifeſtation erregte ſowohl
der Phyſiker, als auch jene der praktiſchen Telegraphiſten
d veranlaßte beiderſeits eingehendere ſyſtematiſche Studien
ɔlche wurden z. B. durchgeführt von Lamont, Wild,
ıvier, und auch von dem Berliner elektrotechniſchen

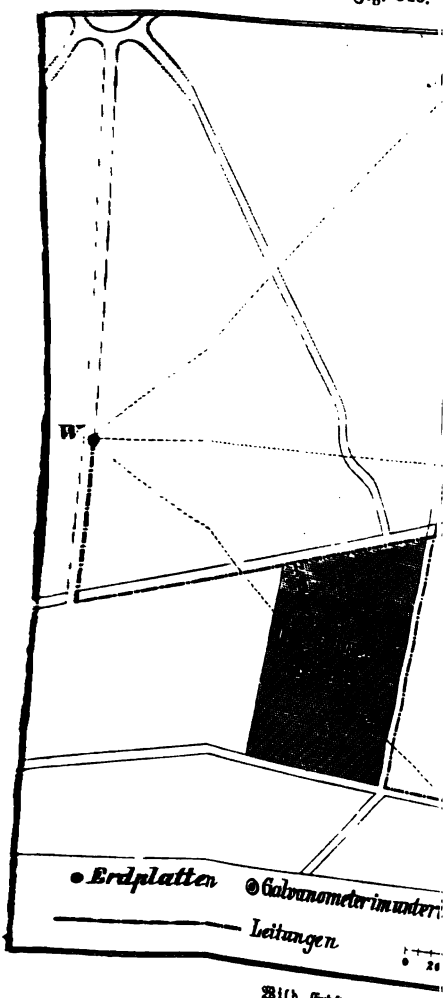
Art der Telegraphenleitungen geſpannte Draht, der an
er Erde in Verbindung geſetzt iſt, erweiſt ſich bei näherer
inem Strome durchfloſſen. Dieſer Strom oder beſſer geſagt
ınken ihr Entſtehen verſchiedenen Urſachen: die in die Erde
Erdplatten, oxydiren ſich oder erleiden im allgemeinen
ihrer Oberfläche und bilden auf dieſe Weiſe mit der Erde
lement, deſſen Schließungsbogen die Drahtleitung iſt; außer
ı Strome kann auch durch die Einwirkung der Temperatur
her Strom hervorgerufen werden; verlaufen in der Nähe
Telegraphen- oder Telephon- oder überhaupt elektriſche
velcher Art, ſo können auch inducirte Ströme auftreten;
ɛnderungen oder Entladungen atmoſphäriſcher Elektricität
ıng wirken, oder es können elektriſche Ströme, aus irgend
kommend, in die Erdplatte übergehen und dann die Draht-
ın; dieſe dient dann gewiſſermaßen als Zweigleitung des
ſich bereits aus dieſen kurzen Andeutungen ergibt, iſt die
Erdſtröme keine ganz einfache Sache, und dieſer Umſtand
wenn unſere Kenntniſſe bezüglich des Erdſtromes noch viel
g laſſen — trotz mannigfacher Bemühungen.

sich
aus
, die
rden,
sind
ittelst
nden,
diesen
r der
seiner
ungen
n der
den
war,
mehr
ischen,
an ge-
n Ein-
en, die
itungen.
) (1865)
ich zum
Verfügung
; die be-
einer Ent-
der andern

Pawlowsk
. Wie Wild
lichen Parkes
atoriums im
ß zwei davon
ilometer weit
dazu, ebenso
rdischen Kabel
unterirdischen
kurzen Stückes
Observatoriums
ngen zu schützen.

Um die Erdplatten, Bleiplatten von
25 Millimeter Dicke, zu versenken, wurden
2 Meter tiefe Gruben ausgehoben und i

Fig. 346.



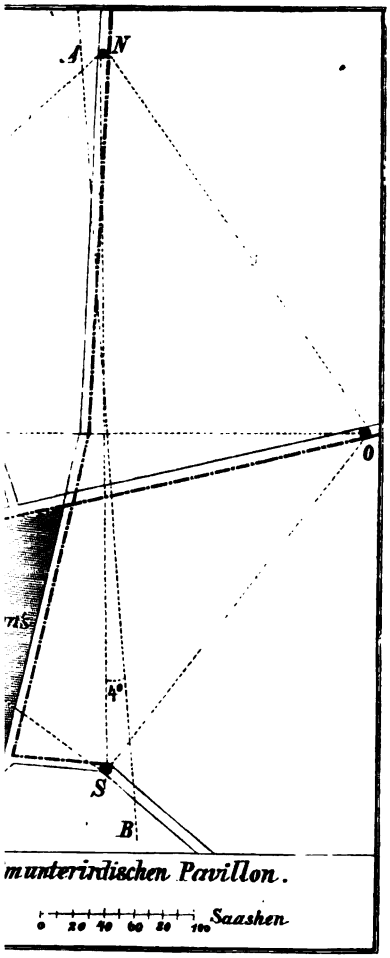
Wild, Erdstrombeobachtun

gelegt. Da man die Verbindung der Kabe
platten und ebenso Prüfungen des Isolati
nöthig erschweren wollte, sah man von e
mit den Platten ab; es wurde vie

Zeitschrift v. Elektricität.

n von 1 Quadratmeter Oberfläche und
wurden an den vier Punkten O W N S
und in diese die Erdplatten horizontal

. 346.

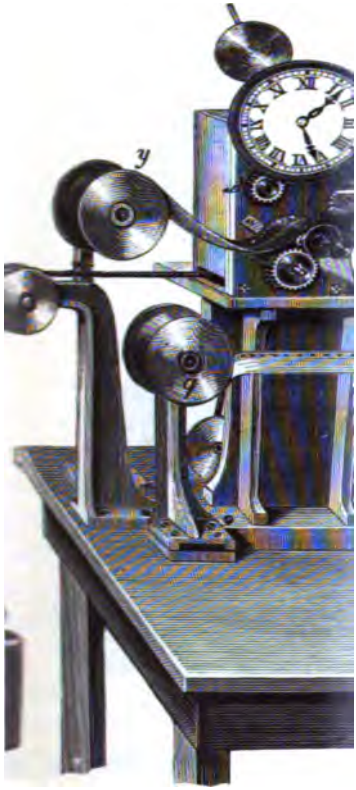


eobachtungen.

r Kabelenden eventuell mit anderen
Isolationszustandes des Kabels nicht
von einer directen Verbindung der
vielmehr an jede Platte ein gut

ıdern man zog hierzu viel
wurden namentlich in I
ome benützt.

Die Instrumente, welch
nen, sind ebenso wie die er



Rußschreiber von

ıstrumente für directe Ablesung
erſten Art sind ihrem Wesen nac
daher absehen können; dafür m
hrieben werden.

Als sich im Jahre 1881 im
mité zur Beobachtung der Erdströ
Firma Siemens & Halske ein

und längere Telegraphenlinien heran;
Kabellinien zum Studium der Erd-

bachtung oder Meſſung der Erdſtröme
hen zweierlei Art: man benützt nämlich

348.

iens & Halske.

Regiſtrirapparate. Die Inſtrumente
Galvanometer, von deren Beſchreibung
t nachſtehend einige Regiſtrirapparate

erliner elektrotechniſchen Vereine ein
gebildet hatte, wurde demſelben von
ußſchreiber zur Verfügung geſtellt,

inien heran;
t der Erd=

Erdströme
itzt nämlich

ente
ung
ate

ein
on
lt,

ıagnet
N und

auf die photographische Platte k fällt, welche in den Schlitt
in entsprechenden Führungen F vom oberen Anschlage a aus l
gleitet. Dieser Schlitten dient gleichzeitig als treibendes Gen
werkes U, das dem Schlitten hinwiederum eine gleichförm
aufzwingt. Um von der sehr empfindlichen photographischen
fremde Licht abzuhalten, wird der ganze Registrirapparat, r
der Petroleumlampe und des Rohres r, mit einem Holzkasten
dem Falz f f' aufsitzt (in der Figur aber natürlich weggelassen
als nöthig, um bei c c befindliche Scharniere umgelegt werden
Eintritt fremden Lichtes an jener Oeffnung seiner Seitenwand
durch welche die Petroleumlampe ihre Lichtstrahlen sendet,
das Rohr r_1 bei s einen Schirm, dessen Tuchbekleidung sich
Innenfläche der Seitenwand anlegt, während andererseits das
eine drehbare Hülse h besitzt, auf welcher eine gleichfalls mit
Scheibe sitzt, die durch erstere fest an die Außenfläche der Kast
geschoben werden kann. Das Uhrwerk, dessen Verticalstellung d
herabhängendes Loth erleichtert wird, ertheilt dem photograph
eine derartige Geschwindigkeit, daß er sich um 81 Millimete
nach abwärts bewegt.

Die Verbindung des Galvanometers mit der für di
bestimmten Leitung erfolgt nicht direct, sondern unter Zwischen
Unterbrechers. Wird nämlich mit Hilfe des letzteren der St
brochen, so kehrt der Magnet und mit ihm der Spiegel in
zurück und der Registrirapparat zeichnet gerade Linien; die
gemessenen Ordinaten dienen dann zur Bemessung des Erdstrom
einen Maßstab hierfür, indem man zeitweilig eine Stromq
Stärke einschaltet, durch welche dann in einem bestimmten Ab
Abscissen- (oder Null-) Linie Punkte markirt werden. Die Ze
man aber in der Weise, daß man zu den gewünschten Zeiten das
am Rohre r öffnet; es erzeugen nun die durch die beiden
gewordenen seitlichen Oeffnungen eindringenden Lichtstrahlen
beiden Seite der Curve.

Figur 355 ist die Wiedergabe einer durch den eben beschri
erhaltenen Curve, die den Verlauf des Erdstromes darstellt,
Kabel Berlin—Dresden am 29. September 1883 von 10 U
bis 12 Uhr 20 Minuten auftrat. Hierbei sind die durch Aussch
vanometers erhaltenen Nullstriche bei a a durch eine ganz durc
verbunden worden, um den Verlauf der Curve besser verfol
Genau den Unterbrechungsstellen der Nullmarken a a gegenübe

vergräbt oder ob man sie tief in die Erde versenkt. Dieser Frag
Lamont in seiner oben genannten Arbeit näher getreten. Er e
Ost-West-Linie, die er sowohl mit tiefer und mit seichter eingegr
platten als auch mit einer oberirdischen und mit einer unterirdi
versah. Hierbei gelangte Lamont zu folgenden Resultaten:

1. Zwischen der unterirdischen Leitung und der Luftleitu
Unterschied vorhanden;

2. die tiefeingegrabenen Platten geben dieselben momentanen
wie die unmittelbar unter der Erdoberfläche befindlichen, die
Aenderung nimmt aber mit der Tiefe ab.

Wenn Lamont aus dem im zweiten Punkte angegebenen Res
allgemeinen Schluß zieht, so verzichtet er deshalb darauf, weil bei den
Versuchen die seichten Platten in compactem Lehmboden, die ti
in Kies lagen, dessen Leitungswiderstand für beträchtlich größer ge

Ludewig glaubt aus den einjährigen Beobachtungen, w
Jahren 1882/83 auf dem deutschen Telegraphengebiete durchgefü
folgende Schlußfolgerungen ziehen zu sollen:

1. Daß unterirdische Leitungen, welche in sich und ohne
von Erdplatten zu einem Stromkreise von nicht paralleler Hin
leitung verbunden werden, dem Einflusse elektrischer Bewegungen i
nicht entzogen sind;

2. daß auch in einer gewissen, nicht unbeträchtlichen Entf
der Erdoberfläche ausgespannte oberirdische Leitungen unter äh
hältnissen nicht unberührt bleiben;

3. daß die Erdströme auf oberirdische Leitungen nicht schwäc
eher mit größerer Intensität einwirken als auf unterirdische,
Stromkreisen mit Einzelleitungen und Erdplatten nicht selten das
Verhältniß obwaltet.

Blavier gelangte bei der Vergleichung der oberirdischen mi
irdischen Linien zu dem Resultate, daß die Lage der Leitung g
und daß das Verhalten des Erdstromes nur durch die Spann
bedingt werde, welche zwischen jenen Punkten der Erde herrscht,
die Leitung mit einander verbunden werden. So erhielt Blavi
oberirdischen Linie Paris—Châlons-sur-Marne—Nancy und au
irdischen Linie Paris—Reims—Nancy stets Stromcurven, die
einander übereinstimmten; traten zwischen beiden Verschiedenheiten ei
diese nur von der ungleichen Empfindlichkeit der Galvanome
Ungleichheit der eingeschalteten Widerstände her. Man erkennt die
stimmung z. B. ganz deutlich aus den in Figur 356 dargestell

Theilen der Curve Ströme zu verstehen hat, die in der Richtung von Nancy gegen Paris verliefen, während die mit — bezeichneten Theile Ströme von entgegengesetzter Richtung darstellen. Die ersteren (gegen Paris gerichteten) stimmen ihrer Richtung nach mit einem Strome überein, den das Galvanometer anzeigt, wenn es mit dem positiven Pole des Vergleichselementes verbunden wird.

Blavier spricht die Ansicht aus, daß die Erdströme auf unterirdische Linien keineswegs stärker einwirken als auf die oberirdischen; wenn aber diese Ströme auf unterirdischen Linien dennoch größere Störungen hervorzurufen scheinen, so ist dies dadurch zu erklären, daß die unterirdischen Kupferdrähte geringeren Widerstand besitzen als die oberirdischen Eisendrähte und daß für erstere schwächere Batterien und empfindlichere Apparate zur Verwendung gelangen als für die Luftleitungen.

Eine weitere Frage, welche bezüglich der Erdströme durch Beobachtungen zu lösen ist, bezieht sich auf die Intensität dieser Ströme überhaupt und auf jene zu verschiedenen Zeiten. Hierzu glaubte Lamont auf Grund seiner Beobachtungen bemerken zu sollen, daß dreierlei Veränderungen erkennbar seien, nämlich 1. eine allmähliche Zu- oder Abnahme der Stromstärken, wodurch der verschiedene Stand der Erdströme an verschiedenen Tagen bewirkt wird, 2. eine periodisch im Laufe eines einzelnen Tages eintretende Zu- und Abnahme und 3. elektrische Stöße und Oscillationen, deren Dauer nicht über drei bis vier Oscillationen betrug. Die Oscillationen werden hierbei als rasche Zu- oder Abnahmen des Stromes bezeichnet, ohne daß jedoch der Stand im Mittel eine erhebliche Modification erhält. Solche Oscillationen wurden im Beobachtungsjahre 1860 bei Gewittern, in einzelnen Fällen auch bei Schnee und Regen und bei magnetischen Störungen, worauf wir weiter unten noch zurückkommen werden, wahrgenommen. Die Oscillationen, die bei Sturmwind eintreten, schreibt Lamont den Erschütterungen und Biegungen der Leitungsdrähte zu, wodurch thermo-elektrische Ströme erzeugt werden sollen. Bei Gewittern zeigten die Galvanometer überhaupt mehr Unruhe, als unter gewöhnlichen Umständen; vorzugsweise trafen aber die Oscillationen mit den Blitzentladungen zusammen.

Adams hat für die englischen Linien täglich zwei Maxima, das eine zwischen 10 und 11 Uhr Vormittags, das zweite zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags und überdies häufig noch ein drittes Maximum für 1 bis 2 Uhr Morgens, begleitet von einem Minimum zur Zeit des Sonnenaufganges, beobachtet.

Walker ließ, wie Weinstein mittheilt, auf 18, bezüglich ihrer Richtung auf die ganze Windrose vertheilten Linien (in England), deren Längen zwischen

Richtung an (von West nach Ost), erreicht ein Maximum z
und 3 Uhr 45 Minuten Nachmittags; er nimmt dann wiede
zwischen 11 und 12 Uhr Nachts gleich Null; von da ab bis 7
ist er äußerst schwach und seiner Richtung nach unbestimmt.

Auf einem Kabel, welches Schottland mit Norwegen
Dreſing Ströme beobachtet, welche ihre Richtung beiläufig alle
wechseln.

Barlow, Ingenieur der Midland Railway, beobachtete
station Derby zuerst auf 4, dann auf 10 Luftleitungen, die
West durch Ost nach Nord-Nord-West laufen und Längen
70 Kilometer besitzen. Wie Weinstein berichtet, fand Bar
Schwankungen des Erdstromes fast in allen Linien gleichze
kehrte der Strom in der einen Linie um, so wechselte er auch in
seine Richtung. Ausnahmen von dieser Regel kamen nur sehr
verschwanden nach ganz kurzen Zeitintervallen. Man kann daraus,
mit genügender Sicherheit, schließen, daß die elektrischen Verhäl
wenigstens in einem Umkreise von 150 Kilometer Durchmesser
Urſache bestimmt werden. Wenn das aber der Fall ist, dann würd
kungen weniger die Vertheilung der Ströme in der Erde
ihre Intenſität betreffen. Die Ströme würden dann in der
hervorgerufen werden, im allgemeinen in denſelben Bahnen fl
Bahn selbst kann aber die Richtung beliebig wechseln. Aus
Beobachtungen und den Mitteln zieht Barlow die Schlüsse:

1. Die Schwankungen des Erdstromes sind mehr oder
Störungen unterworfen, zeigen aber einen täglichen Gang;

2. der Strom geht am Tage von Süden nach Norden,
von Norden nach Süden.

Die Untersuchungen von Airy bilden gewissermaßen
zu jenen von Barlow und Walker. Airy beobachtete auf zwe
Kabeln, von denen eines Greenwich und Dartford (16 Kilomete
Greenwich und Croydon (13 Kilometer) verbindet; die Beoba
durch photographische Registrirung. Es ergaben sich für die S
stromes täglich zwei Maxima und zwei Minima, so zwar, da
und Minima für beide Componenten in allen Monaten auf n
Zeiten fallen, doch scheinen sie im Sommer etwas später aufz
Winter. Im Mittel erreicht die Westcomponente des Erdstrome
um 3 Uhr Nachmittags und 4 Uhr Morgens, ihre Minima
Nachts und 9 Uhr Vormittags; die Nordcomponente hat ihr
1 Uhr Nachmittags und 4 Uhr Morgens, ihre Minima

und ein Minimum um 1 Uhr Nachmittags. Die Amplitude d
ist sehr klein und entspricht bei beiden Componenten ungefähr

Wie La lumière électrique berichtet, wurde vor einiger
Gipfel des Ben-Nevis, einem der höchsten Berge Schottlands,
logisches Observatorium errichtet und dieses telegraphisch mi
Stadt, Fort William, verbunden. In dieser Telegraphenlini
Beobachter sofort periodisch auftretende Erdströme. Die rege
Stunde zu Stunde gemachten Beobachtungen im September und
ergaben folgende, der Royal Society zu Edinburg mitgeth
Von Mitternacht bis 4 Uhr Morgens steigt ein Erdstrom ge
gipfel und erreicht das Maximum seiner Stärke gegen 2
Hierauf entwickelt sich ein schwacher Strom in entgegengesetzte
5 Uhr Morgens und von diesem Zeitpunkte an steigt wieder
Strom aufwärts, der beiläufig um 10 Uhr sein Maximu
1 Uhr Nachmittags sein Minimum erreicht. Man constatirte
reichend schnelles Anwachsen eines absteigenden Stromes, wel
3 Uhr Nachmittags andauert und von einer unbestimmten
5 Stunden gefolgt wird. Dann entsteht ein aufsteigender S
nuirlicher Art bis gegen 9 Uhr, der gegen 11 Uhr Aben
Minimum herabsinkt.

Während der ganzen Dauer dieser Beobachtungen war
Ben-Nevis continuirlich von Nebel eingehüllt, welcher nicht ob
das Resultat blieb. Wenn die Luft auf dem Gipfel des Berges
war, so stieg ein kräftiger Strom durch das Kabel aufwärts,
bei Schneewetter das umgekehrte Verhalten beobachtete. Um
giltige Schlüsse zu ziehen, bedarf es aber allerdings noch
Beobachtungen.

Diesen Angaben über den zeitlichen Verlauf der Erdström
Zeiten, welche stets von größerer oder geringerer Stärke beo
können, mögen nachstehend noch einige Zeilen über den Ve
ströme bei außergewöhnlichen Störungen angeschlossen wer
großartigsten elektrischen und magnetischen Störungen dieser A
dem 28. August und dem 3. September 1859 statt. Di
elektrische Ungewitter, welches sich wohl auf die ganze Erde
dürfte, hat eine eingehende Bearbeitung durch Brix, Loo
durch das Erdstromcomité des Berliner elektrotechnischen Ve
Da jedoch diese umfangreiche Arbeit nicht in den Rahmen d
Werkes eingezwängt werden kann, müssen wir in Bezug h
betreffenden Publicationen der Fachjournale verweisen. Um

Tangentenbussole auf einer Leitung von Haverfordwest nach
führt; beide Stationen hatten Erdverbindung. Die Länge die
trägt 300 englische Meilen, ihr Widerstand 4000 Ohm. Di
Entfernung zwischen den beiden Erdverbindungen beträgt 22
Curve zeigt, daß der Strom bis 6 Uhr beständig negativ
Zeit fängt er an, sich in seiner Stärke beträchtlich zu verä
um 6 Uhr 34 Minuten eine ansehnliche Stärke erreicht und
gegengesetzte Richtung umschlägt und in 3 Minuten zu derse
schwillt, nämlich zu 30 Milliweber. Nachdem sie 2 Minuten
hat, verminderte sich seine Stärke bedeutend, und um 9 Uhr
Da nun Arbeitsströme im Durchschnitte ungefähr 10 Milliw
ist es einleuchtend, daß außergewöhnliche Ströme von solch
störenden Einfluß auf die Telegraphenlinien gehabt haben m
That waren zur Zeit der Maximalstörung fast alle Leitu
unterbrochen, ausgenommen der, wo man zu metallischen S
greifen konnte.

Auch bezüglich der Richtung, in welcher der Erdstro
man sich vielfach bemüht, Klarheit zu schaffen, freilich vor
unsicherem Erfolge. Die Beobachtungen weisen eben noch
Lücken auf, um eine Construction der Strombahn oder de
ausführen zu können. Die bisher gewonnenen Erfahrungen b
auf einen sehr kleinen Theil der Erdoberfläche. Und so wolle
nur als eine Frage, die vielleicht zu Untersuchungen in dies
regen könnte, keineswegs aber als These den Satz aussprechen

Die Bahn des Erdstromes oder der Erdströme auf
Halbkugel scheint in Asien und im östlichen Europa (vielleicht
Ocean) mehr oder weniger in der Richtung der Parallelkre
(vielleicht auch am atlantischen Ocean) in jener der Meridian
während in England, Frankreich und zum Theile vielleicht
deutschland der Uebergang von der einen in die andere Rich

Nach diesem Gedanken geordnet führen wir nachsteh
weitere Bemerkung die bis nunzu vorliegenden Beobachtungen

In Indien hat Walker den Erdstrom in der Richtun
kreise verlaufend gefunden, nämlich Vormittags von Ost nach
mittags von West nach Ost (S. 895).

In Rußland constatirte Wild ebenfalls eine mehr mi
kreisen verlaufende Strombahn (S. 897).

Desgleichen sagt Lamont auf Grund seiner in Münch
Beobachtungen, er fühle sich, trotz einzelner nicht hierzu sti

Die Bahn des Erdstromes oder vielleicht auch erst nur einer Abzweigung beginnt also in Deutschland von der Parallelkreisrichtung in die Richtung der Meridiane überzugehen.

Dasselbe gilt auch von Frankreich; der Strom, welcher daselbst die beiden Componenten erzeugt, die Blavier auf den Linien Paris—Nancy und Paris—Dijon beobachtet hat, verlauft an ruhigen Tagen augenscheinlich in der Richtung von Nordwest nach Südost; er bildet im allgemeinen mit dem geographischen Meridian einen Winkel von 70 Grad und mit dem magnetischen Meridian einen solchen von 56 Grad. Die Richtung des Stromes ändert sich ein wenig von einem Tage zum andern, und selbst an einem und demselben Tage lassen sich Veränderungen der Stromrichtung durch Vergleichung der durch den Registrirapparat erzeugten Curven nachweisen.

In England ist die Drehung der Stromrichtung bereits vollendet, d. h. der Aequatorialstrom bereits in einen Polarstrom übergegangen. Nach Barlow's Angabe (S. 896) geht hier der Strom am Tage von Süden nach Norden, in der Nacht von Norden nach Süden.

Adams, dessen auf den Erdstrom bezügliche Arbeiten bis in das Jahr 1877 zurückreichen, gibt an, daß die Erdströme in England in der Richtung von Südwest nach Nordost verlaufen.

Für den südöstlichen Theil Englands ergibt sich aus den bereits genannten Arbeiten Walker's, daß die allgemeine Richtung des Erdstromes von Nordost nach Südwest geht; ihr astronomisches Azimuth beträgt von Nord nach Ost gezählt 42 Grade, das magnetische 63 Grade.

Aus Prescot's Arbeiten endlich ergibt sich, daß, wenn die Störungen im östlichen Nordamerika eine bestimmte Richtung hatten, diese eher dem Meridiane als dem Parallelkreise folgt.

ein im Innern der Erde befindlicher Magnetstab haben mü
magnetischen Linien zu entsprechen, die durch die Beobachtu
Erdoberfläche festgestellt wurden. Gauß schuf eine allgemeine
Erdmagnetismus, die jedoch hier nicht wiedergegeben werden
die Anwendung des höheren Calcüls nothwendig machen würde

Für einen Theil der erdmagnetischen Erscheinungen suc
in dem paramagnetischen Verhalten des Sauerstoffes der Luft
zu finden (S. 803) und Ampère stellte die Erde als einen g
magnet dar (S. 800). Die Möglichkeit, das magnetische Verha
durch elektrische Ströme zu erklären, kann offenbar nicht im
stritten werden, und zwar um so weniger, als, wie im v
Capitel dargestellt ist, elektrische Strömungen in der Erd
beobachtet werden können. Hierbei ist jedoch nicht zu überse
Zurückführung des magnetischen Verhaltens unserer Erde
Ströme in oder über derselben noch keineswegs eine Erklär
magnetismus selbst darstellt, sondern nur als die Substituiru
bekannten Größe durch eine andere aufzufassen ist, denn dann
Stelle des Erdmagnetismus die Erdströme zu erklären. Es n
immerhin ein bedeutender Fortschritt, denn wenn es uns ge
magnetischen Erscheinungen mit den erdelektrischen zu identificiren,
nicht mehr zwei Fragezeichen gegenüber, sondern uns erübrigt d
die Beantwortung einer Frage. Sonach wollen wir also zunächst jene
hervorsuchen, welche geeignet sind, jene Beziehungen aufzuklären
Erdmagnetismus und Erdstrom bestehen, und dann versuchen, ob
sind, auf Grund des gegenwärtigen Standes der Forschung ein
Erklärung für das Auftreten erdelektrischer Ströme zu finden.

Wenn wir uns die Wirkung eines stromdurchflossenen Le
Magnetnadel in das Gedächtniß zurückrufen, so wird sich uns
der Erdoberfläche von Nord nach Süd verlaufenden Strom ei
der Nadel nach Westen ergeben müssen; bewegt sich aber ei
Ost nach West, so muß er eine Zunahme der Intensität zur
Dadurch gelangte Lamont auf Grund seiner in den Jahren 18
angestellten Beobachtungen zu dem Lehrsatze, daß an der Erd
trische Ströme sich fortpflanzen, welche man in telegraphenartig
Drähten nachweisen kann und wodurch die beständig vorkomm
Aenderungen in der horizontalen Richtung und Stärke des Er
erzeugt werden. Lamont hat ferner festgestellt, daß die Gal
schnellen magnetischen Bewegungen das Vorhandensein eines cor
Stromes anzeigen, der jedoch verschwindet, sobald die schnellere

den magnetischen Instrumenten nachläßt. Die Aenderungen oder Wellen des Erdstromes sollen hierbei an der Oberfläche der Erde zustande kommen, dann aber nach und nach — jedoch innerhalb eines ganz kurzen Zeitintervalles — in die Tiefe sich ausbreiten, wogegen an der Oberfläche ihre Intensität abnimmt.

Lamont bezeichnet ferner als eine ganz eigenthümliche Art der Erscheinungen die Stöße oder plötzlichen Impulse, die zuweilen in den Galvanometern wahrgenommen werden. Er unterscheidet 1. Stöße, wodurch sowohl die Galvanometernadeln, als auch die Nadeln der magnetischen Instrumente in Schwingungen versetzt werden, wie dies bei magnetischen Störungen, aber auch bei Blitzschlägen vorkommt; 2. Stöße, die in den Galvanometernadeln eine Schwingung erzeugen und von einer gleichzeitigen kleinen Bewegung der magnetischen Instrumente, jedoch ohne Schwingung begleitet sind, und endlich 3. Stöße, bei welchen die magnetischen Instrumente ruhig bleiben. Die Erklärung für diese Arten von Stößen findet Lamont in der verschiedenen Tiefe, in welcher die elektrische Welle auftritt.

Durch den Erdstrom kann das magnetische Verhalten der Erde gegenüber den magnetischen Meßapparaten offenbar in zweifacher Art verändert werden: einmal kann der Erdstrom den Erdmagnetismus in derselben Art verstärken oder schwächen, wie ein galvanischer Strom den Magnetismus der Eisenstücke, dann aber kann er, ohne den Erdmagnetismus nennenswert zu beeinflussen, als eine selbständige, neu hinzugetretene Ablenkungskraft auftreten und dann würde er mit dem Erdmagnetismus in keinem Zusammenhange stehen. Lamont nahm jedoch an, und man kann dies jedenfalls in erster Annäherung thun, daß die Horizontalcomponente der magnetischen Intensität nur mit der Parallelcomponente des Erdstromes und die Declination nur mit der Meridiancomponente des Erdstromes verbunden ist. Diesem Vorgange Lamont's schloß sich auch Airy an. Die von diesem Standpunkte aus vorgenommene Vergleichung der Curven, die Airy durch seine Beobachtungen erhielt, gab namentlich im allgemeinen Verlaufe eine recht gute Uebereinstimmung, wenngleich im Einzelnen vielfache Abweichungen zu bemerken sind. Airy bemerkte, wie dies später sich auch aus den Erdstrombeobachtungen ergab, die durch die deutschen Reichs-Telegraphenämter ausgeführt wurden, daß die Curven der Erdströme viel wellenreicher sind als die magnetischen Curven. Es könne dies sowohl in der geringeren Empfindlichkeit der magnetischen Meßinstrumente begründet sein, aber es sei auch die Annahme zulässig, daß dies eine Folge der besonderen Entstehung des beobachteten Erdstromes ist; letzteres sei um so wahrscheinlicher, als in den Erdstromcurven solche in den magnetischen Curven nicht wiederzufindende Wellen häufig und sehr

ausgeprägt sind. Es wird daher eine große Anzahl der Er
als fremde Wellen, hervorgebracht durch eine fremde Urſa
trachten sein.

Als ein weiteres Ergebniß der Beobachtungen Airy's ist
daß die Schwankungen des Erdstromes in den meisten Fälle
Erdmagnetismus vorauszugehen scheinen; doch wurden auch Fä
gekehrtem Gange und häufig Fälle vollständigen Zusammentr

Fig. 358.

Schwankungen des Erdstromes und der Declination am 2. November 1884

Erscheinungen beobachtet. Ob die erstangeführten Beobachtungen
lichen Verhältnissen beruhen oder auf Ungenauigkeiten in der Zei
zurückzuführen sind, müssen wohl erst weitere Beobachtungen erg

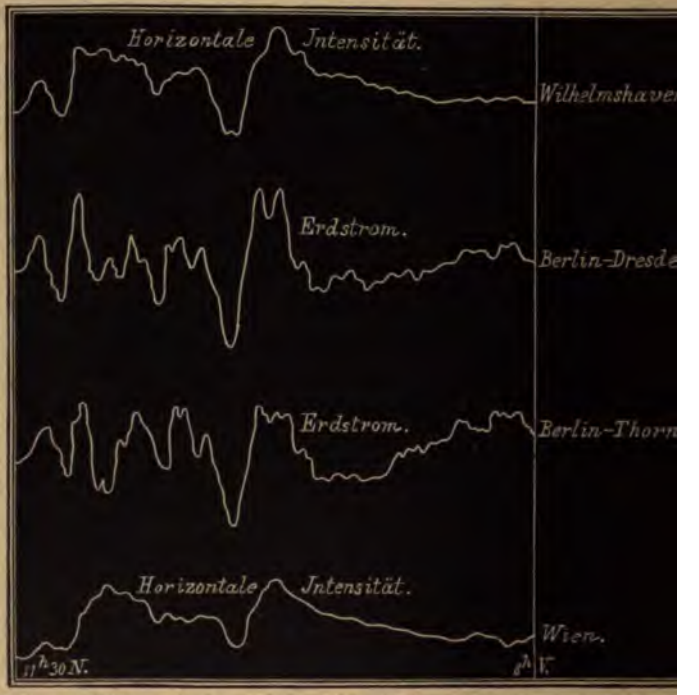
Ludewig hat die Beobachtungen der Erdströme an den T
welche gemeinschaftlich mit den Polarexpeditionen festgesetzt wurd
gleichzeitig erhaltenen magnetischen Curven verglichen. Die zur
dienenden magnetischen Curven wurden in dem Observatorium z
haven auf photographischem Wege erhalten. Es ergab sich hier
Declinationscurven in gleichen Zeiten eine ganz ähnliche Forn
scheinen, wie die Stromcurven mit weit ausladenden Spitzen, un

Intensität der magnetischen Richtkraft (Fig. 359), so daß auch der Zusammenhang dieser Erscheinungen mit Sicherheit gefolgert werden kann.

Wild zog aus seinen Beobachtungen (vergleiche S. 897) folgende Schlüsse:

1. Die tägliche Variation des Erdstromes fällt nicht mit der täglichen Aenderung der magnetischen Elemente zusammen, woraus folgt, daß diese

Fig. 359.



Schwankungen des Erdstromes und der erdmagnetischen Horizontalintensität am 2. und 3. März

tägliche Aenderung des Erdstromes nicht als Quelle der täglichen Variation der magnetischen Elemente betrachtet werden kann.

2. Sobald der Erdstrom in beiden Linien stärker auftritt, werden die magnetischen Instrumente von ihrem regelmäßigen Gange abgelenkt und diese Störungen wachsen im allgemeinen mit der Stärke der Ströme, ohne daß jedesmal zwischen beiden Erscheinungen eine stricte Proportion bestehen würde. So traten z. B. am 15. November 1882 die Erdströme in beiden Linien viel stärker auf als am 1. März 1883, und dennoch war der Gang der magnetischen Instrumente am ersten dieser Tage viel regelmäßiger als am letzten.

wandert gegen Norden. Die Verspätung, welche die Anzeigen de
Instrumente relativ gegen jene des Galvanometers erfahren, wi
der Hypothese erklären, daß der Erdstrom, der die Galvan
unmittelbar beeinflußt, auf die Variationsinstrumente nur durch
einer mehr oder weniger starken Erdschicht wirkt, wozu eine
erforderlich ist.

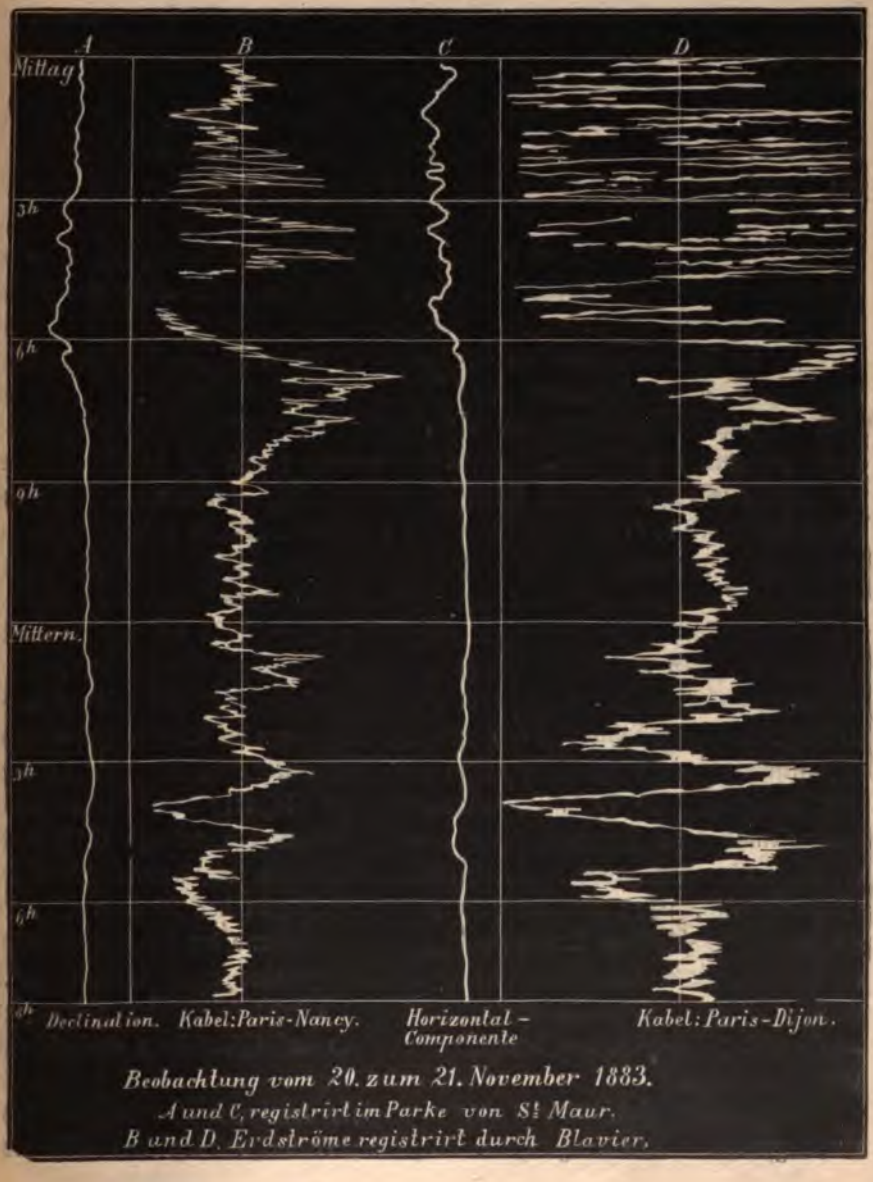
4. Diese Verzögerung der Wirkung des Erdstromes auf di
apparate erklärt wenigstens zum Theil den Mangel einer stricten P
zwischen den Variationen des Erdstromes und der magnetisch
Man bemerkt, daß die Proportionalität besonders dann mang
Aenderungen des Stromes sehr häufig und wachsend sin
sie an Tagen mit nicht schnellen Aenderungen vollständiger
begreift also leicht, daß im ersten Falle die Ströme von kurze
entgegengesetztem Sinne, die schnell aufeinander folgen, sich z
die Magnetisirung der Erde vernichten werden, derart, daß di
der magnetischen Instrumente relativ kleiner werden. Die vom 15. N
bis 1. März 1883 ausgeführten Beobachtungen, sowie die Ma
curven dienen zur Unterstützung dieser Auseinandersetzung.
graphencurven vom 1. März zeigen relativ einen ruhigen Gang
obwohl die langsamen Störungen ziemlich groß waren und fo
nach den Galvanometerablesungen entworfenen Curven nicht sehr
und die des Süd-Nord-Stromes sind den Curven des Unif
jene des Ost-West-Stromes stimmen mit den Aufzeichnungen des Bi
Umgekehrt bieten die beiden Arten von Curven vom 15. N
wenig Uebereinstimmung und obwohl die Aenderungen der b
sehr groß und rasch sind, zeigen sowohl die Aufzeichnungen sowi
Beobachtungen der magnetischen Instrumente keine großen Stö
bei einer näheren Prüfung der gezeichneten Curven bemerkt ma
gut die Spuren einer permanenten Bewegung der Magnete z
Grenzen.

Wild schließt also aus seinen Beobachtungen, daß die Er
die primäre Ursache der magnetischen Störungen, aber nicht de
Variationen der magnetischen Elemente sind.

Blavier hat eine große Anzahl von Erdstromcurven,
seinen Registrirapparat erhielt, mit den magnetischen Curv
welche an denselben Tagen im Parke von Saint-Maur erha
Hierbei fand er eine sehr gute Uebereinstimmung zwischen de
die erdmagnetische Horizontalcomponente mit den auf der Linie
erhaltenen Erdstromcurven und den Declinationscurven mit je

curven, welche auf der Linie Paris—Nancy erhalten wurden. Die Uebereinstimmung würde eine noch bessere gewesen sein, wenn es möglich gewesen wäre, zwei Telegraphenlinien so zu wählen, daß die eine genau im magneti-

Fig. 361.



Beobachtung vom 20. zum 21. November 1883.
A und C, registrirt im Parke von St Maur.
B und D, Erdströme registrirt durch Blavier.

schen Meridian, die andere senkrecht darauf verlaufen wäre. In
eines dieser Curvensysteme nach den von Blavier veröffentlichte
entsprechend zusammengestellt.

Nach Blavier's Ueberzeugung bestimmen die Erdstro
nicht nur die unregelmäßigen Störungen des Erdmagnetismus,
seine regelmäßigen Variationen. Blavier glaubt in den Erdst
ruhige Zeiten auch die tägliche Periode der erdmagnetischen
Lamont angegeben hat, vollständig wiederzufinden.

Auch an den finnländischen Polarstationen Sodankylä
wurden in den Jahren 1882—1884 Erdstrombeobachtungen
den hierbei erzielten Resultaten, über welche Lemström berich
wir hier folgende an:

1. zu Sodankylä waren in der Ost-West-Linie fortwähre
und deren Größen hinlänglich bedeutend; in der Nord-Süd-L
viel geringer und seltener auf;

2. die Veränderungen des Erdstromes stehen in inniger
den magnetischen Variationen;

3. während zu Sodankylä die Variationen groß und
zwar namentlich auf der Ost-West-Linie waren, traten sie
Gegentheile sehr spärlich auf. Diese Eigenthümlichkeit, welche
Enare im Jahre 1871 bemerkt hatte, soll das Vorhandensein ei
zone anzeigen, analog der Maximalzone der Nordlichter. D
welcher der Erdstrom sich sehr variabel zeigt, scheint etwas südli

An Versuchen, den Erdmagnetismus zu erklären, d. h. di
Ursachen desselben anzugeben, hat es seit seiner Entdeckung nic
erinnern uns daran, daß bereits Gilbert sich die Erde als große
stellte (S. 783); daß Halley zwei Magnete im Innern der Erd
Steinhäuser einen Planeten »Minerva« im inneren hohle
Erde kreisen ließ (S. 789). In neuerer Zeit hat Schulze den
magnetismus in das Innere der Erde, gegen ihr Centrum zu, ver
der Ansicht der Geologen Poullet Scrope und Dana bei, w
einen centralen, festen Erdkern besitzen soll, welcher in der fl
eingebettet ist, die den Raum zwischen dem Kerne und der
erfüllt. In diesen Kern nun, welchem Schulze eine ovale
verlegt er den Sitz des Erdmagnetismus und erklärt dessen
mit der Zeit durch die von den Himmelskörpern auf diesen Ke
Anziehungskräfte.

Gauß schlug bei der Aufstellung seiner mathematische
Erdmagnetismus den umgekehrten Weg ein; er suchte nicht

irgend einer Schicht der die Erde umgebenden Atmosphäre auftr
können die elektrischen Ströme in der Art wirken, daß sie den
der paramagnetischen Bestandtheile der Erde verändern und auf
Weise unsere erdmagnetischen Instrumente in Bewegung setzen oder
Ströme können direct diesen Einfluß äußern; im ersteren Fall
uns die Erde, in Bezug auf ihr magnetisches Verhalten, als
im letzteren Falle aber als Solenoid vorzustellen. In der Th
diese verschiedenen Möglichkeiten zur Aufstellung von Theorien ben
einige derselben mögen nachstehend Erwähnung finden.

In jüngster Zeit (1887) hat Lagrange eine Theorie neu
gegriffen und sie weiter auszubilden versucht, die gleichfalls schon bed
einmal ausgesprochen wurde. Ampère schrieb nämlich bereits im
»Man kann nicht zweifeln, daß im Innern der Erde elektromagne
vorhanden sind, und daß diese Ströme die Eigenwärme der Erd
Wenn auch der zweite Theil dieses Ausspruches keinen Anklang
hingegen der erste Theil zahlreiche Anhänger gefunden. Lagrang
auch diesen zweiten Theil zu Ehren bringen; den Ausgangspunkt
bildet der Satz: die Stellung der Magnetnadel ist in jedem
bedingt, einerseits durch die Wirkung des Erdmagnetismus und
durch jene eines Störungsstromes. Dann sucht Lagrange den
fictiven Störungsstromes, der aber bezüglich seiner Wirkungswe
sächlich vorhandenen Strömen entspricht, also gewissermaßen die
derselben darstellt, festzustellen und gelangt dann zu folgenden

In den verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre ist der
welchen die Sonne im Zenith steht, ein Expansionscentrum der
Ströme, welche von hier aus nach allen Richtungen hin ausge
durch den Erdmagnetismus gegen Westen abgelenkt; ihre Gesamm
sich mit dem Expansionscentrum fort und hierdurch werden
Variationen der Magnetnadel bewirkt.

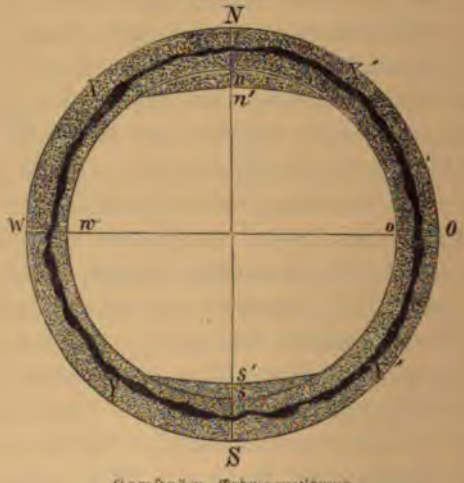
Es ist in der Atmosphäre und in der Erde ein System v
vorhanden, welche von Ost nach West fließen, deren Schichten größt
(beziehungsweise resultirende Schichten für die Magnetnadel) die
dringend, sich während der warmen Jahreszeit bis unter die
senken, während sie in der kalten Jahreszeit wieder emporsteige
erklären sich die jährlichen Variationen.

Lagrange glaubt nun auch unter Annahme dieser Strö
Rücksicht auf das Leitungsvermögen ihrer Leiter, sowie auch a
sache, daß die Erwärmung eines Leiters mit dessen Widerstand
Intensität des Stromes wächst, auch noch folgende Schlüsse zieh

satze zu anderen Forschern, nicht in die Erde (Erdströme), s
Atmosphäre; Lemström hält auch die Erdströme für viel zu s
oft sehr bedeutenden magnetischen Schwankungen zu erklären; sie
die Ursache kleiner Störungen.

Eine beachtenswerte Hypothese wurde bereits auch schon
aufgestellt. Hiernach sollen die Erdströme weder galvanische n
trische Ströme sein, sondern der statischen oder Spannungselekt
stehen verdanken. Lamont betrachtet nämlich die Erde als
raume isolirt schwebende negativ elektrisirte Kugel, auf welcher
zu verschiedenen Tageszeiten und unter verschiedenen Witterun

Fig. 362.



Lemström, Erdmagnetismus.

verschieden ist. Ebenso schreibt er auch den übrigen Weltkör
allem der Sonne eine permanente Elektricitätsmenge zu und
nothwendige Folge hiervon das Entstehen einer elektrischen
analog der Ebbe und der Flut des Meeres. Diese elektrischen
sich dann nothwendig an der Oberfläche der Erde fortpflanzen,
treten der Erdströme erklären würde.

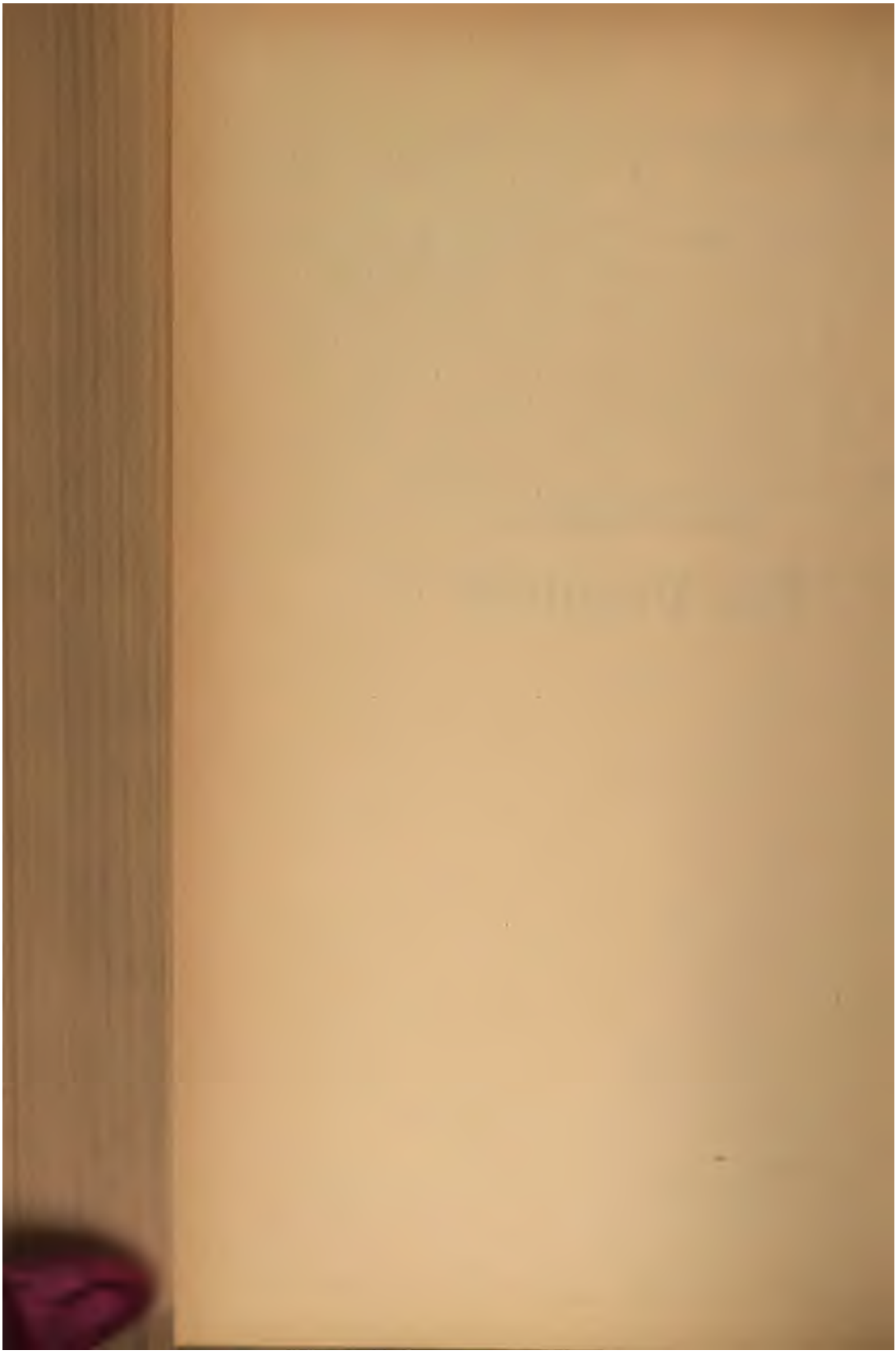
Wir glauben diesen Abschnitt nicht abschließen zu sollen
noch auf einen Zusammenhang hingewiesen zu haben, der scho
Zeit zwischen den erdmagnetischen und erdelektrischen Erscheinu
und den Erdbeben andererseits vermuthet wird, und auf den
wieder von verschiedenen Seiten aufmerksam gemacht hat.*)

*) Vergl. auch Gewitter und Erdbeben, S. 358 u. f.

stattfand. Seither wurden diese Beobachtungen häufig gem
Februar 1887 während des Erdbebens, welches die Rivier
frankreich heimsuchte.

Planté hat, ohne die von anderen Forschern vorgebra
über die Ursache oder die Ursachen der Erdbeben gänzlich zu
in jüngster Zeit (1888) dahin ausgesprochen, daß man die El
auch nicht als alleinige oder Haupturſache, so doch als
Nebenursache aufzufassen habe. Planté stützt sich hierbei 1
netischen Störungen, welche die Erdbeben begleiten; 2. auf
schen Störungen und das oft constatirte gleichzeitige Auftreten
die Planté für wahrhafte elektrische Stürme hält; 3. auf
mit Erdbeben eintretenden elektrischen Erscheinungen im engst
4. auf die physiologischen Wirkungen an Thieren, welche g
Erdbeben vorausgehen und dem Vorhandensein bedeutender el
nungen in der Atmosphäre zugeschrieben werden.*)

*) Vergl. auch S. 359 und 360, Erdbeben in Nizza am 23. F



am Himmel, ähnlich einer rund ausgegrabenen Höhlung, Chasmen als Schluchten bezeichnet, die sich am Himmel bilden in ihrer Tiefe zeigen, wenn er vom glühenden Himmel spricht, bisweilen hoch reicht, bisweilen aber nur so niedrig erscheint fernen Feuersbrunst gleicht, so darf man diese Angaben wo Wahrscheinlichkeit auf das Nordlicht beziehen; diese Gruben sollen dabei wohl das dunkle Segment bezeichnen.

Auch Plinius spricht von gespaltenem Himmel, von Brande am Himmel, von einem Lichtschein, der die Nacht macht und hält solche Erscheinungen für Vorboten großer Auch Lucanus gedenkt in seiner »Pharsalia« des Nord wie Dio Cassius. Aus den betreffenden Stellen beider wo die Angabe der Himmelsrichtung ersehen, in welchen die beobachtet wurden; mit Sicherheit erhellt dies aber nur aus de Stelle in der römischen Geschichte des Dio Cassius: »... Vorfall schon uns für die Zukunft besorgt machte, so geschah höherem Grade, als plötzlich am nächtlichen Himmel nach N so helles Feuer sich sehen ließ, daß die ganze Stadt, ja der zu brennen schien.«

Stellen, welche auf Beobachtung von Nordlichtern ge findet man ferner auch in den Schriften Plutarch's, in de von Tacitus und bei Titus Livius; wenn Tacitus erz Bewohner des Nordens ihre Götter und Dämonen am Hi glauben, so ist dies wohl auf die alten Sagen der Norn ziehen, wenigstens deuten hierauf verschiedene Stellen aus d

Biot's Forschungen haben ergeben, daß auch einem asi volke, nämlich den Chinesen, das Nordlicht schon seit lange ist; es fanden sich in dem Wen-hian-thung-khao mehr al welche zweifellos auf Nordlichterscheinungen zu beziehen si welchen die älteste auf das Jahr 208 v. Chr. sich bezieht.

Eine nüchterne Darstellung der Nordlichterscheinung find in dem alten Königsspiegel, der gegen das Ende des XII verfaßt wurde: »Das Licht ist desto heller,« heißt es daselb die Nacht ist;« am Tage sieht man es nie, nur zur Nachtz am öftesten, wenn es finster ist; seltener bei Mondschein. Es als eine große, weit entfernte Flamme von einem starken scharfe Spitzen in die Luft aufsteigen von ungleicher Höhe u ständig, so daß bald die eine, bald die andere höher ist, un Flammen in der Luft zu schweben scheinen. So lange die

»Traité physique et historique de l'aurore boréale« behandelt, erst als Memoir in Paris im Jahre 1731 veröffentlicht wurde.

Im selben Maße, als die Zahl der Beobachtungen zunahm auch die einzelnen Beobachtungen selbst sorgfältiger angestellt und suchte auch, für die wunderbare Erscheinung eine passende Erk finden. Man sprach über die Höhe des Nordlichtes verschiedene aus und suchte nach Messungsmethoden, man beobachtete sorgf Farbe der Lichterscheinungen, suchte die Frage bezüglich des geräusches zu beantworten u. s. w.

Ueber die Höhe des Nordlichtes hat bereits Maraldi die gemacht, daß die Höhe über der Erdoberfläche außerordentlich müsse, da das Nordlicht, welches am 1. März 1720 zu sehen selben Stunde zu St. Malo in der Bretagne und zu Riom in der beobachtet wurde. Hiorter hält die Nordscheine für die höchsten gedehntesten Erscheinungen in unserer Luft, da durch dieselben di nadel gleichzeitig in Upsala und in London, also in mehr als 1 von einander befindlichen Orten, in Unruhe versetzt werden kann.

Hiorter's Ausspruch zeigt uns auch, daß man bereits bego die Beziehungen des Nordlichtes zum Erdmagnetismus zu Hatte bereits Halley gewußt, daß der Scheitel des Nordlicht magnetischen Meridian liegt, so gelang es Hiorter und Celsius, den Nordschein bewirkten Störungen der Magnetnadel zu beob erste diesbezügliche Wahrnehmung machte Hiorter am 1. M Kurze Zeit darauf, nämlich am 5. April 1741, beobachtete Gr ganz ungewöhnliche Unruhe der Declinationsnadel, konnte diese auf gleichzeitiges Nordlicht zurückführen, da er des Tageslichtes Nordlicht sehen konnte. Einige Beobachtungen hat auch Winkler und in einem Aufsatze über die Beziehungen zwischen Nordlicht u nadel im Jahre 1767 veröffentlicht. Auffallend ist, daß Hell im keine Einwirkung des Nordlichtes auf die Nadel wahrnehmen kon ist noch zu erwähnen, daß Mairan im Jahre 1747 die Thatsac daß die Nordlichtkrone in der verlängerten Richtung der Inclinations

Eine gleichfalls schon vor geraumer Zeit aufgeworfene, aber noch keineswegs sicher zu beantwortende Frage geht dahin, ob von einem Geräusche begleitet werden. Arago hat diesbezüglich e Aussagen gesammelt, aus welchen wir entnehmen, daß Jeremy in den Jahren 1781 und 1783 während eines Nordlichtes ein gleich dem seidenen Zeuges, gehört hat, daß nach Cavallo knallendes Geräusch das Nordlicht begleite, daß Giesler und H

ausströme und sich gleichmäßig nach Osten und Westen aus
Scheitel des Bogens fällt dann in den magnetischen Meridian.
jedoch die magnetische Materie an anderen Orten unregelmäßig a
die Magnetnadel mehr oder weniger gestört.

Cartesius (Descartes 1596—1650) schloß wieder an
im Königsspiegel ausgesprochene Ansicht an, daß man es im No
einer optischen Erscheinung zu thun habe. Diese Ansicht theilten
wald, Hell, Burmann, Spiedeberg und Frobesius (sän
XVIII. Jahrhunderte). Triewald suchte das Nordlicht auf künstl
nachzuahmen; er ließ Sonnenlicht durch eine enge Oeffnung
einem dunklen Zimmer aufgestelltes Prisma fallen; von hier a
die Lichtstrahlen durch und über ein mit Kornbranntwein gef
streichen und fing sie auf einer weißen Wand auf, wo sich dann
lichtartige, stets wechselnde Lichterscheinung zeigte.

Mairan verwarf alle drei bisher vorgeführten Erklä
und stellte selbst eine Theorie auf, welche im wesentlichen dara
geht, das Nordlicht als dem Zodiakallichte entstammend darzustell
in der Ebene des Sonnenäquators liegt oder einen linsenfö
gebreiteten Theil der Sonnenatmosphäre bildet. Da man
stätigt annahm, daß die Erde bisweilen in die Grenzen de
atmosphäre eintritt, so sucht Mairan den Grund des Nordlich
dann entstehenden Vermischung der beiden Atmosphären der Er
Sonne. Die Theile der Sonnen-Atmosphäre, welche der Erde
kommen, um gegen diese mehr Schwere als gegen die Sonne
fallen in den Luftkreis herab, werden durch die Umdrehung und
kraft der Lufttheile gegen die Pole der Erde, wo kein Schwung
hingetrieben und bleiben in den höchsten Luftschichten, mit welchen
specifische Schwere haben, schweben. Die niedrigeren Schichten er
gröberen dunkleren Theile, welche das Segment und die dunk
bilden, auf welchen die Lichtsäulen aufstehen. Ueber diesen schwebt
Stoff, der entweder an sich brennend oder durch Reibung und G
der Erdluft entzündet ist. Dies alles geschieht in einer beträchtl
über der Erde, daher das Licht auch sehr weit vom Nordpole gesehen n

Nach Mairan's Theorie läßt sich ganz gut die tägliche,
aber die jährliche Periode der Nordlichter erklären und die säcul
könnte man Veränderungen des Zodiakallichtes zuschreiben. Das
zeigt merkwürdigerweise auch dieselbe, dem Nordlichte eigenthümlich
linie, ein Umstand, der ebenfalls für Mairan's Theorie spricht,
wenigstens eine nahe Verwandtschaft zwischen Nordlicht und

II.

Die Ergebnisse der neueren Pola Forschungen.

Lemström berichtet über das Auftreten und de prächtigsten und vollständigsten Nordlichterschei er während der im Jahre 1868 unter der Nordenskiöld unternommenen (schwedischen) zu beobachten Gelegenheit hatte, wie folgt.

Am 18. October näherte sich das Sch von Norwegen. Wir bemerkten am westlichen Horizont zwei S welche ein Streifen blauen Himmels deutlich trennte, der von ei fahlgelben Bande durchkreuzt wurde. Das war der unbede eines Nordlichtes, dessen Pracht bald darauf alle Erscheinung übertraf, welche wir bis dahin auf unserer Reise beobachtet hatte der oberen Wolken erhellten sich nach und nach, und bald dar von hier aus von einander abgesonderte Flammen ausgehen, n bis an den Zenith züngelten. Plötzlich ergriff die Erscheinu Horizont. Ueberall Flammen, überall blendend helle Lichtstra gelb, grün in der Mitte und rothviolett an den oberen End Augenblicke vereinigten sich alle Strahlen zu einer regelmäßigen Krone, welche südlich vom Zenith am Himmel erschien. Als d den Höhepunkt ihres Glanzes erreicht hatte, erschien sie uns gl eines ungeheuren Tempels, in deren Mitte ein brillanter Luft Erscheinung dauerte nur einige Minuten, aber, indem sie e noch eine leuchtende Zone zwischen den Wolkenschichten zu oberen Schicht gingen in kurzen Intervallen fortwährend einz

Nach Lemström sieht man im hohen Norden, von
während des Herbstes, wenn der Himmel trübe ist, Wolken,
Rändern leuchten. Das oft sehr intensive Licht ist weißlichgel
gemeiniglich nur die oberen Wolkenschichten. Zuweilen gleic
gestreiften, zwischen die Wolken geworfenen Bande. In Figur 3
einer Farbentafel Lemström's) eine Erscheinung wiedergegebe
Spitzbergen und in den Alpengegenden Lapplands sehr häuf
wird. Bei nebeligem Wetter nimmt man zuweilen um den Gipf

Fig. 364.

Nordlichtschein, beobachtet von Lemström zu Spitzbergen im Jahre 1868.

ein weißes, diffuses Licht wahr, welches in der nebeligen Luft a
den höchsten Punkt des Gipfels umhüllt. Es ist für das unbewa
unmöglich zu unterscheiden, woher dieses Licht kommt, aber das
verräth uns seine mit dem Nordlichte gleiche Natur. Zuweilen
Erhellung die Form von Flammen an, von sehr geringer Intens
sich in kurzen Zwischenpausen vom Gipfel des Berges heben un
nach in der Luft verschwinden.

Auch auf der österreichischen Polarstation Jan Mayen (18
ergab sich Gelegenheit zu ähnlichen Beobachtungen; in Figur 365
lichterscheinungen nach einer Tafel in dem von der österreichischen

dieser Station überschritt die Höhe des Nordlichtbogens am
ausnahmsweise 30 Grade, so daß nur ein geringer Theil des
war und sein Mittelpunkt unterhalb des Horizontes blieb. (Fig.
Bogen zeigten häufig eine ganz ungewöhnliche Beständigkeit
nicht selten stunden-, ja selbst tagelang ihre Stellung bei.
gewöhnlich eine derartige Lage ein, daß sich ihr Scheitel beiläu
tischen Meridiane befindet, d. h., daß er in der Richtung liegt,
die Magnetnadel weist. Man hat auch ähnliche Bogen beobacht

Fig. 366.

Nordlicht, beobachtet im Februar 1874 auf der Expedition des Tegetth

nicht als kreisförmige, sondern vielmehr ganz deutlich als ell
darstellten; auch zeigte sich der Nordlichtbogen an seinem untere
Rande durch Ellipsen verschiedener Krümmung begrenzt. (Fig. 3
treten an Stelle eines einzigen Bogens deren mehrere, zu einand
gestellt, auf. So wurden z. B. zwei-, drei- und auch vi
beobachtet. Auf der österreichischen Station Jan Mayen wurd
bis zu acht Bogen beobachtet.

Ein außergewöhnlicher und nur sehr selten beobachteter
bei dem sich das Nordlicht in der Gestalt zweier excentrischer
die sich an einer Stelle zu durchschneiden scheinen oder nur ein

Gegentheile auf einem sehr dunklen Hintergrunde ab und si
breiter, als die sie von einander trennenden dunkeln Zwischenräum
man eine Erscheinung, welche man oft beobachtet und als dunk
oder schwarze Streifen bezeichnet hat; diese besitzen natürli
Existenz, sondern sind nichts anderes als der dunkle Hintergrund
zwischen zwei nahe nebeneinander befindlichen Strahlen. Die d
bildenden Transversalstrahlen können sowohl zu einander paral
wie dies namentlich bei kurzen Strahlen häufig der Fall is
radiale Stellungen einnehmen, wie dies längere Strahlen zumeist

Fig. 368.

Nordlicht vom 21. März 1879, beobachtet auf der Vega.

sieht auch die Strahlen gegen einen Punkt am Himmel convergi
magnetischen Zenith nahe ist, d. h. gegen jenen Punkt am Him
nach welchem die Inclinationsnadel weist. Die Transversalstrahl
bogens sind an ihren unteren Enden gewöhnlich plötzlich abge
bilden hierdurch eine sehr deutliche Abgrenzung des mehr oder r
mäßigen Bogens. Die obere Begrenzung desselben ist zumeist wen
wahrnehmbar, der Bogen nimmt vielmehr mit der Höhe an L
bis er ganz verschwindet. Die successive Entwicklung eines solche
ist in den Figuren 371 bis 375 dargestellt. Die Strahlenbo
allgemeinen weniger regelmäßig begrenzt, als die vorbeschriebene

Fig. 369.

Nordlicht vom 4. März 1879, beobachtet auf der Vega.

Fig. 370.

Nordlicht vom 5. März 1879, beobachtet auf der Vega.

ist dieselbe, wie die der letzteren, gelblichweiß und wird nu
Fällen karminroth oder violett.

Diese Strahlenbogen sind in fortwährendem Wechsel begr
z. B. aus den Figuren 371—375 zu ersehen ist, welche fün
folgende Erscheinungen eines Nordlichtes darstellen, das Lotti
(in Lappland) am 12. Januar 1839 beobachtet hat. Der Stra
in einen homogenen Bogen über und umgekehrt, oder er spaltet
Seite, oder er verschwindet auf derselben ganz, um neuerdings
Auch verändert er seine Lage, indem er parallel zu sich selbst
nach Norden oder in umgekehrter Richtung vorrückt, wobei
digkeit dieser Bewegung eine sehr verschiedene ist. Mehrfache
wurden von der französischen Expedition sehr häufig beobachte
an 151 Tagen (von 201 Tagen der ganzen Dauer des A
Bossekop) notirten Nordlichtern wurde eines bemerkt, bei welch
neun verschiedene Bogen am Himmel glänzten, zweimal sah man
zweimal sechs Bogen, einmal fünf Bogen, dreimal vier Bogen
dreifachen und doppelten Bogen anbelangt, so waren diese außerord

Eine große Anzahl von Nordlichtern, und zwar namen
geschilderten Lichtbogen, sind von einer Erscheinung begleitet,
Polarlichtsegment bezeichnet hat, d. h. einem kreisförmig begr
unterhalb des Lichtbogens, welcher Raum viel dunkler zu sein
der übrige Himmel; seine Färbung wird als schwärzlich, rauch
auch als bräunlich oder violett bezeichnet. Fritz vergleicht s
dunklen Tone, welcher sich zwischen dem äußern und innern Reg
der ebenfalls je nach der Luftbeschaffenheit, der fallenden Regenm
einfallenden Lichte verschiedene Tiefen und Nuancen des Ton
den schwarzen Strahlen dürfte es sich, wie Fritz meint, ähnli
auch sie mögen dem Zustande der Luft und der Beleuchtung ih
minder tiefe Dunkelheit verdanken. »Die schwarzen Strahlen s
wenig wie das Segment ein dunkler Raum zwischen hellen Li
des Contrastes zu sein. Argelander sah das Segment währe
merung entstehen, und Weber in Peckelohe beobachtete es ohne
bare Lichtentwicklung.«

Die Mitglieder der französischen wissenschaftlichen Comm
zu Bossekop häufig Gelegenheit, das dunkle Segment zu beob
in Begleitung eines Nordlichtes, sei es ohne ein solches. An
Nordlichter, welchen kein Segment vorhergeht, durchaus nicht se
achten; zwischen beiden Erscheinungen scheint eine gewisse Unal
bestehen. Während einer an Nordlichtern reichen Periode und

Fig. 371—375.

Entwicklung eines Nordlichtes am 12. Januar 1839 zu Bossekop. Von 1 bis 5 Uhr 30 Min. Abends; 2 bis 6 Uhr 15 Min.; 3 bis 6 Uhr 30 Min.; 4 bis 7 Uhr 0 Min.; 5 bis 7 Uhr 20 Min.

reinem Himmel war kein Segment sichtbar. Aus diesem Grun
die andererseits beobachteten Segmente gewöhnlich auf der Sei
meeres sichtbar wurden, glaubt Bravais das Entstehen des Segm
artigen Dämpfen zuschreiben zu sollen, mit welchen der Horizon
des arktischen Meeres erfüllt wird.

Von der österreichischen Polarexpedition unter Wohlgem
bis 1883) wurde das Polarlichtsegment nie beobachtet. Wohl
»dunkle Segment« im Beobachtungsjournale hie und da Erwä
stets mit dem Beifügen, daß es als Wolken- oder Nebelbank,
»bogenförmigen Dunst oder Schein« eingefaßt, erkennbar war.
unter einem niedrig stehenden Bogen ein klares, durch Contrastwi
aussehendes Segment, so ließen sich in demselben Sterne, die
geringen Höhe vergrößert erschienen, ausnehmen.

v. Bóbrik unterscheidet in seinem Berichte über die B
auf der österreichischen Station Jan Mayen auch Nordlichtbä
Nordlichter, die den Eindruck zerrissener, wie durch mechanische
ihrer Form und Richtung veränderter Bogen, die sich von den vo
Bogen auch durch ihre fortwährende Aenderung unterscheiden. De
aus der einen oder anderen Form zum Band oder umgekehrt,
ein ganz allmählicher oder oft ein so rapider, daß man schwe
kann, mit welchem Namen die Erscheinung zu belegen ist. Im
sind in dem genannten Berichte als Bänder jene Erscheinung
worden, die ursprünglich mehr oder weniger parallel zum Horiz
und deren biegsame leichte Form, sowie die rasche Ortsveränder
solche charakterisirte, gleichgiltig ob die Strahlenlage in derselben
senkrecht zur Längsrichtung war. In den Figuren 376 bis 379
teristische Formen solcher Bänder nach einer dem Berichte v. B
gegebenen Tafel dargestellt.

Die Zahl der gleichzeitig auftretenden Bänder variirt eb
Höhe über dem Horizont, die Größe u. s. w. »Scharf abgegre
in paralleler Lage zu einander und dem Horizont wurden acht
beobachtet, doch war mehr als einmal das ganze Firmament, vo
zum Südhorizont, von breiten Bändern überzogen, die senkrecht
netischen Meridian standen und die durch diffuses schwächeres Licht getr

Die Nordlichtstrahlen treten nicht nur als Bestandtheil
lichtbogens oder Bandes auf, sondern sie erscheinen auch sell
zwar sowohl vereinzelt, als auch in mehr oder weniger groß
Diese Strahlen oder Fäden sind von sehr verschiedener Stärke
und zeichnen sich gewöhnlich durch eine Lichtintensität aus, welche je

Fig. 376—379.

Nordlichtbänder, beobachtet auf Jan Mayen 1882 bis 1883.

oder Bänder übertrifft. Treten sie genau im Norden oder Sü
scheinen sie gewöhnlich senkrecht auf dem Horizont zu stehen, sonst
sie sich mehr oder weniger gegen den letzteren geneigt. Bravais
Strahlen beobachtet, welche sich zu durchschneiden oder übereinan
zu verlaufen schienen. Die Strahlen zeichnen sich besonders durch die Art
gung und ihre Veränderlichkeit aus. Man unterscheidet hierbei
Bewegung, bei welcher die Strahlen sich parallel zu sich selbst verschiel
Bewegung ihrer Längsrichtung nach, d. h. vom Zenith gegen d
oder umgekehrt. Staunenerregend ist die Raschheit, mit welcher
gungen erfolgen. Bravais beobachtete am 11. October 1838
einen Strahl, welcher in 27 Secunden einen Raum durchlief gleic
graden, d. h. den halben Himmel.

Häufen sich die Strahlen in allen Richtungen um den
Zenith, dann tritt jene Erscheinung ein, die man als Nord-
lichtkrone bezeichnet hat, wie solche z. B. in Figur 363
nach einer Beobachtung Lemström's und Tafel IX nach einer d
v. Bóbrik's beigegebenen Tafel dargestellt sind. In der Krone
Polarlicht-Elemente, wie Bänder, Bögen, Strahlen, Fäden, Lichtsc
vertreten sein, doch ist sie immer durch die Art ihrer Entwickl
deutig charakterisirt. Die »Corona« ist der Culminationspunkt d
tigenden Pracht der Polarlichterscheinungen. v. Bóbrik schildert
bereits mehrfach erwähnten Berichte über die österreichische Pola
Mayen wie folgt:

»Obwohl sich die Bildung einer Krone meist schon vorher
läßt, das unruhige Zucken und Schnellen der Strahlen gegen
darauf hindeutet, so tritt dieselbe doch so plötzlich, so vehement, n
übernatürlicher Kraft auf, daß man die einzelnen Phasen kaum i
aufzunehmen vermag. Alles hebt, jagt und stürzt zum Zenith,
Kampfe drängen die Lichtmassen dahin und plötzlich, als explodire
werkskugel, schießen unzählige Strahlen nach allen Seiten ausein
stehen rund um den Zenith bis tief zum Horizont herab Bänder
gereiht, die in üppigem Glanze und herrlicher Farbenpracht strahl
das Centrum einzelne breite Blitze nach bestimmten Richtungen zu
herab entsendet. Als wollte die Allgewalt uns einen Blick ins
gönnen, thut sich sodann die Erscheinung in der Mitte auf und
dunkel blickt aus unendlicher Ferne ein großes Auge auf uns
alsbald mit wallenden Lichtschleiern wieder bedeckend. Die St
Bänder treten nun, sich kaleidoskopartig drehend, zu Flammen
die gierig leckend nach allen Seiten züngeln und erlöschend langsam

magnetischen Parallels durch einen tiefschwarzen Zwischenraum; F
Krone, die sich um 180 Grad gedreht hat und den Strahlenwur
Richtung entsendet, in welcher die Polarlichtmassen gemeiniglich
über das Firmament fortsetzen.

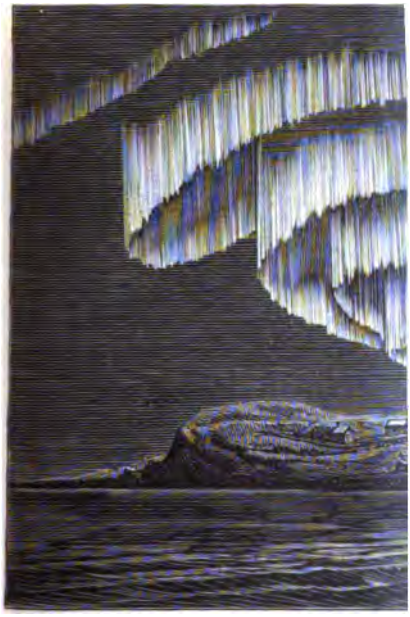
Schließlich haben wir noch einer Nordlichtform zu gedenken,
zu den wunderbarsten und überraschendsten Lichterscheinungen führt;
die sogenannten Draperien. Zwei dieser höchst interessanten Lichter
sind nach Zeichnungen in der Zeitschrift La lumière électrique in de

Fig. 384.

Nordlicht, beobachtet von Silbermann am 15. April 1869 zu Paris.

und 385 wiedergegeben. Die Strahlen gruppiren sich bei diesen N
in Form eines bewegten Vorhanges, einer wehenden Flagge, oder
ineinander geschachtelte Lichtcylinder oder wohl gar ein schrauben
wundenes Fransenband. Hierbei sind einzelne Partien heller, ande
hell und geben dadurch der ganzen Erscheinung ein plastisches
Man kann dann in vielen Fällen nicht unterscheiden, ob die einze
wirklich in verschiedenen Entfernungen vom Beobachter sich befind
man es nur mit einer optischen Täuschung zu thun hat. So kan
z. B. bei Anblick der Figur 385 wohl kaum eine andere Vorst
der Form dieses Nordlichtes machen, als daß man sie als wahre,
einander entwickelnde Lichtwellen auffaßt.

Die Draperien ſind gew
grenzt, während ihr Licht nach
ganz verſchwindet. Farbenerſchei
unteren ſcharf begrenzten Ränder
ſpielend; nach oben zu geht dieſ
der überwiegend größte Theil d
zu abnehmende Licht grünlich o



Nordlicht, beobachtet

Ein weſentliches Moment
wellenförmige Bewegungen des
Längsrichtung mit einer oft ſel
wegen. Bravais, welcher dieſe
wie auch bereits Mairan, nicht
ſondern als ein aufeinander folg
bleibenden Theile. Ein Strahl
Augenblick, dann nimmt er ſofor
an; unmittelbar darauf leuchtet
Pflanzt ſich dieſes Aufblitzen mit
fort, ſo wird es ſehr ſchwer zu

als Ganzes bewegt oder ob nur eine Art leuchtender Welle ihn von einem bis zum anderen Ende durchschreitet. Zu Bossekop wurde das Fortschreiten dieser Bewegung in der Richtung von West nach Ost zweimal öfter beobachtet als die umgekehrte Bewegung; bei einzelnen Nordlichtern konnte man auch eine Alternirung der Bewegungsrichtungen wahrnehmen.

Die Intensität des Polarlichtes ist in der Regel sehr gering, selbst auch bei den brillantesten Erscheinungen; sie bleibt gewöhnlich hinter jener des Vollmondes zurück, wie sich dies übereinstimmend ergibt aus den Beobachtungen von Parry, Bravais, Kane, Hayes, Weyprecht, Nordenskiöld, Wohlgemuth, Bóbrik und Lemström. Kleine Druckschrift »Petit« kann gewöhnlich nur mit Anstrengung beim Scheine des Nordlichtes gelesen werden. Das Licht der Sterne wird dadurch fast gar nicht beeinflußt; man sieht durch das Nordlicht hindurch Sterne dritter, vierter, wohl auch fünfter Größe. Bezeichnend für die geringe Intensität des Nordlichtes ist auch, daß zur Zeit des Vollmondes die wenigsten Nordlichter beobachtet werden, weil eben der helle Mondschein das schwache Nordlicht nicht zur Geltung kommen läßt. Hingegen kann aber in einzelnen Fällen der Glanz des Nordlichtes wohl auch den des Vollmondes übertreffen, so daß dann das Licht des letzteren neben dem ersteren gelblich wie eine Gasflamme bei elektrischer Beleuchtung aussieht. Zwei solcher Erscheinungen finden sich in dem Protokolle verzeichnet, welches auf der österreichischen Polarstation Jan Mayen über Nordlichtbeobachtungen geführt wurde.

Was die Beurtheilung des Nordlichtes vom optischen Standpunkte aus anbelangt, so sind den Angaben über die Intensität desselben noch solche über die Polarisationsverhältnisse, über Farbe und Spectrum beizufügen. Die Beantwortung der Frage, ob das Polarlicht ganz oder theilweise polarisirtes Licht ist, erscheint darum wichtig, weil uns dadurch auch ein Anhaltspunkt gegeben wird, um das Wesen des Nordlichtes etwas sicherer zu beurtheilen. Bekanntlich kann gewöhnliches Licht durch Brechung oder durch Reflexion in polarisirtes Licht verwandelt werden. Würde sich daher das Polarlicht als polarisirtes Licht erweisen, so müßten wir daraus den Schluß ziehen, daß das Polarlicht nicht in eigenem Lichte glänzt, sondern eine Erscheinung sei, die durch Lichtbrechung oder durch Reflexion zustande kommt. Nun glaubte zwar Arago Spuren von Polarisation im Nordlichte gesehen zu haben, hielt aber selbst diese Beobachtung nicht für hinlänglich, um daraus auf reflectirtes Licht zu schließen. Baudrimont untersuchte jedoch im October 1839 zu Paris ein Nordlicht auf seine Polarisationsverhältnisse und glaubte aus dieser Untersuchung auf reflectirtes Licht schließen zu sollen. Die Nordlichter sind seither von zahlreichen Beobachtern in dieser Richtung

geprüft worden, doch keiner derselben hatte eine Polarisation des Lichtes nachgewiesen und somit ist das Polarlicht als im Eigenlichte strahlendes Licht zu bezeichnen.

Bezüglich der Farbe des Polarlichtes ist dem bereits hierüber Angegebenen nur wenig mehr beizufügen. Die weitaus häufigste und die Grundfarbe des Polarlichtes ist nach den übereinstimmenden Berichten der Polarforscher ein glänzendes Weiß oder Gelblich-Weiß. Traten die Erscheinungen relativ nahe der Erdoberfläche auf und befand sich zwischen beiden eine, wenn auch für das Auge nicht wahrnehmbare Dunst- oder Eisnadelschicht, so wurden auf der österreichischen Polarstation Jan Mayen die Farben roth, grün bis violett, und zwar die am wenigsten brechbaren (roth) am unteren Rande der Erscheinung beobachtet. Eine regelmäßige Anordnung der Farben in seitlicher Richtung wurde niemals unzweifelhaft festgestellt.

Ungleich wichtiger als die bloße Beobachtung der Farben ist die spectralanalytische Untersuchung der Polarlichter, da diese uns nicht nur über die Zusammensetzung des Lichtes belehrt, sondern auch darüber Auskunft geben kann, ob die leuchtende Materie ein fester oder ein gasförmiger Körper ist, und vielleicht auch, welche chemische Zusammensetzung ihr zukommt. (Vergl. S. 503 u. f.) Angström, welcher die Nordlichter einer eingehenden spectralanalytischen Untersuchung unterwarf, glaubte zweierlei Spectra annehmen zu sollen. Von diesen besteht das eine aus einer einzigen gelben Linie zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E, Tafel X, welche für das Nordlicht charakteristisch ist und seither als Nordlichtlinie bezeichnet wird. Es ist bisher nicht gelungen, für diese Linie eine Uebereinstimmung mit einer Spectrallinie eines uns bekannten Körpers nachzuweisen; dagegen ist zu bemerken, daß auch das Zodiakallicht dieselbe Linie zeigt. Das zweite Nordlichtspectrum erhielt Angström bei besonders intensiven Nordlichtern, wenn er den Spalt seines Spectralapparates erweiterte. Es erschien dann nicht nur die gelbe Nordlichtlinie, sondern es wurden noch drei schwache Streifen zwischen G und H wahrgenommen.

Zöllner beobachtete das Spectrum des prächtigen Nordlichtes vom 25. October 1870 und bediente sich hierbei eines Spectroskopes von Browning. An allen Stellen des Nordlichtes erhielt er, ebenso wie Angström, die zwischen D und E befindliche Nordlichtlinie, und zwar in besonderer Helligkeit. Außerdem gewahrte Zöllner aber auch eine rothe Linie an den hervorragend roth gefärbten Theilen des Nordlichtes, und zuweilen tauchten überdies noch bandartige Streifen im blauen Theile des Spectrums auf. (Tafel X.)

Es würde zu weit führen, hier der zahlreichen Spectralbeobachtungen ausführlich zu gedenken, die z. B. von Struve, Herschel, Capron,

Winlock, Flögel, Konkoly, Gronemann, Secchi, Vogel, Weyprecht, Wohlgemuth, Bóbrik u. A. gemacht worden; sie haben übrigens nichts principiell Neues ergeben und es wird daher umsomehr genügen, nachstehend nur noch über die hierher gehörigen Resultate zu berichten, welche den Polarlichtforschungen der neuesten Zeit angehören und zu einer, von der gewöhnlichen etwas abweichenden Auffassung geführt haben.

Lemström hat die Spectrallinien, die er und andere Beobachter wahrgenommen haben, soweit ihm die Beobachtungen verläßlich erschienen, zusammengestellt und ist dabei zu der Ansicht gelangt, daß dem Nordlichte im allgemeinen zwölf Linien zuzuschreiben sind. Für diese Linien glaubt aber Lemström eine hinlängliche Uebereinstimmung mit jenen Linien nachweisen zu können, welche ein Spectrum der in Geißler'schen Röhren eingeschlossenen und zum Leuchten gebrachten verdünnten Luft zusammensetzen. Allerdings ist aber hierbei nicht jenes Luftspectrum gemeint, welches man bei unmittelbarer Einschaltung der Geißler'schen Röhre in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle erhält und das aus zahlreichen hellen Linien und Bändern besteht, sondern ein Spectrum, welches etwa in der Weise erhalten wird, daß man die Röhre nicht direct einschaltet, sondern nur mit einem Ende einer elektrisirten Kugel nahe bringt, während das andere Ende zur Erde abgeleitet wird; in einem solchen Falle entsteht dann in der Röhre ein schwankendes fahles Licht und für dieses gibt Lemström ein Spectrum an, welches in der That mit seinem Nordlichtspectrum ziemlich gut übereinstimmt. Was den Umstand anbelangt, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die für das Nordlicht charakteristische Linie mit einer durch irgend eine irdische Lichtquelle erzeugten Linie in genaue Uebereinstimmung zu bringen, so macht Lemström hingegen geltend, daß er diese Linie auch in einem Nordlichtstrahle gesehen hat, den er (wie weiter unten noch näher angegeben werden wird) unter Vermittlung eines Ausströmungsapparates durch eine Holtz'sche Maschine künstlich hervorrief. Lemström erklärt daher das Nordlichtspectrum für identisch mit einem Spectrum, welches durch elektrische Entladung zum Leuchten gebrachte Luft gibt, aber allerdings auch nur mit einem Luftspectrum, welches bei gewissen Temperaturverhältnissen einerseits und entsprechender Entladungsform der Elektricität andererseits zustande kommt.

Die Frage, ob Polarlichterscheinungen mit einem Geräusch verbunden sind, wird bereits seit geraumer Zeit discutirt und fast ebenso häufig und bestimmt bejaht als verneint. Dieser unbefriedigende Stand dieser Frage wird weniger befremden, wenn man bedenkt, daß ein mehr oder minder schwaches Rauschen, Zischen, Knistern, Sausen und dergleichen, wie ein solches zweifellos häufig beobachtet worden ist, zu Täuschungen mannigfacher Art, auch bei dem

glaubwürdigsten und geübtesten Beobachter Anlaß geben kann. Rührte das wahrgenommene Geräusch vom Winde her, von Bewegungen in den Schnee- oder Eismassen infolge von Temperaturänderungen, vom Anschlagen des Meerwassers, vielleicht von Menschen oder Thieren, wenn solche sich in einiger Entfernung vom Beobachter über Schnee und Eis bewegen? Es hat gewiß schon Mancher die verschiedensten Geräusche und Töne wahrgenommen, welche im Eise eines gefrorenen Sees entstehen, namentlich dann, wenn bedeutende Temperaturänderungen eintreten. Andererseits erinnern wir aber an ähnliche akustische Wirkungen, welche bestimmte elektrische Zustände der Atmosphäre hervorzurufen zu vermögen scheinen (S. 355 u. f.)

Arago, Fritz u. A. führen eine größere oder geringere Anzahl von Beobachtungen vor, ohne zu einer endgiltigen Entscheidung zu gelangen; wir unterlassen es daher, dieselben hier wiederzugeben und begnügen uns vielmehr damit, jene Ansicht mitzutheilen, zu welcher diesbezüglich während der internationalen Polarforschung in den Jahren 1882—1883 die Mitglieder der österreichischen Expedition gelangt sind.

»In unseren Beobachtungen, schreibt v. Bóbrik, findet sich bloß eine Notirung darüber vor, aus welcher aber um so deutlicher das Bestreben zu erkennen ist, sich eine Thatsache, von der man überzeugt ist, auf eine vielleicht gezwungenere, aber scheinbar natürlichere Art zu erklären. Sie lautet: Polarlicht vom 9. auf den 10. December 1882 . . . ein bei der Erscheinung um 10 Uhr 55 Minuten (starke Krone) deutlich hörbares Sausen ließe sich als Windstoß in den höheren Luftschichten deuten, wenngleich der Wind an der Erdoberfläche nicht fühlbar wurde. — Da zu dieser Zeit bloß ein wässeriger Nordwestwind wehte, die Temperatur nur —4° C. betrug, die See eisfrei und das umgebende Land fast schneefrei war, fehlen die Bedingungen zu jener Erklärung des Geräusches, die nebst anderen Beobachtern auch von Weyprecht angeführt wurde. Auf einem eingefrorenen Schiffe, mitten in einer immerwährend Lärm verursachenden Eiswüste, wird man naturgemäß einem so schwachen Geräusch keine Aufmerksamkeit schenken oder zum mindesten dasselbe ebenfalls dem Eise zuschreiben. Am Lande jedoch, bei Abwesenheit jedweder schallerregenden Ursache, wird man, wenn früher absolute Todtenstille herrschte und beim Auftreten einer starken Polarlichterscheinung plötzlich aus ihrer genau verfolgbaren Richtung ein ganz auffallendes Sausen und Zischen gehört wird, gewiß anzunehmen berechtigt sein, daß selbes auch vom Polarlichte (eventuell der Erzeugungsursache) ausgeht.«

Der Leiter der österreichischen Expedition, v. Wohlgemuth, glaubte hierzu folgende Anmerkung machen zu müssen: »Dieser vereinzelte Fall der Beobachtung eines einmaligen Geräusches im Laufe von 126 Polarlichtnächten

ist an sich Beleg dafür, daß die Polarlichterscheinungen lautlos sich vollziehen; während des Auftretens von Polarlicht hielt sich stets ein wissenschaftlicher Beobachter im Freien auf, dem das Geräusch nicht entgangen wäre; wenn die assistirenden Matrosen ein solches mehrmals vernommen haben wollen, so mag diese Angabe als Wertmesser dienen für ähnliche Sagen aus dem Munde von Eskimos, Indianern, Walern und Seehundjägern.«

2. Auftreten und Verlauf des Polarlichtes.

Nachdem wir uns im vorstehenden Abschnitte mit den Beschreibungen von Polarlichterscheinungen bekannt gemacht und dadurch das Polarlicht gewissermassen als physikalische Erscheinung gewürdigt haben, wollen wir es nunmehr nach seinem Verhalten als Naturerscheinung, d. h. im Zusammenhange mit der Natur näher betrachten; zu diesem Zwecke sollen uns der Reihe nach die Fragen, wo und wann treten Polarlichterscheinungen ein und in welchen Beziehungen stehen sie zu anderen Naturerscheinungen, beschäftigen.

Was zunächst die räumliche Verbreitung des Polarlichtes, also die Größe oder Ausdehnung der Erscheinungen anbelangt, so gehen die hierauf bezüglichen Angaben weit auseinander. H. Fritz äußerte sich hierüber in folgender Weise: Ein großer Theil der Polarlichter hat keinen sehr großen Verbreitungsbezirk, oder es müssen die die Erscheinung bedingenden Ursachen oft sehr localer Natur sein (was durch verschiedene Beobachtungen in hohen Breiten Bestätigung findet), während bei einem anderen Theile der Erscheinungen die Verbreitungsbezirke oder die Gebiete gleichzeitigen oder besser gesagt, ununterbrochenen Erscheinens sehr bedeutend sind. Im Winter 1872—1873 weilten gleichzeitig drei Expeditionen, in verhältnißmäßig nicht sehr großen Entfernungen von einander, in den Polarregionen, und zwar eine schwedische Expedition unter Palander in der Mosselbai (Spitzbergen), eine österreichische unter Payer und Weyprecht, welche mit ihrem »Tegetthof« 130 geographische Meilen weiter östlich vom Eise eingeschlossen waren, und endlich Tobiesen beobachtete (etwa 250 Kilometer südlich vom »Tegetthof«) bei der Kreuzinsel (Nowaja-Semlja). Palander beobachtete an 100 Tagen Nordlicht, wovon 83 Nordlichttage gemeinschaftlich waren zwischen ihm und den Beobachtern am »Tegetthof«. Ein genauer Vergleich constatirt eine große Verschiedenheit der an den gleichen Tagen an beiden Orten sichtbar gewordenen Erscheinungen und zeigt, daß auf Spitzbergen sich solche entfalteten, während auf dem »Tegetthof« trotz günstiger Witterung die Erscheinung fehlte und umgekehrt. Tobiesen beobachtete 35 Nordlichter an gemeinschaftlichen Tagen mit Payer und Weyprecht; an drei Tagen beobachtete Ersterer Nordlichter,

welche für Letztere unsichtbar blieben. Im Smithsund konnte 1875 auf 1876 für die etwa 13 geographische Meilen auseinander überwinternden Schiffe der Nares'schen Expedition nur für sieben Nordlichter gleichzeitige Sichtbarkeit constatirt werden.

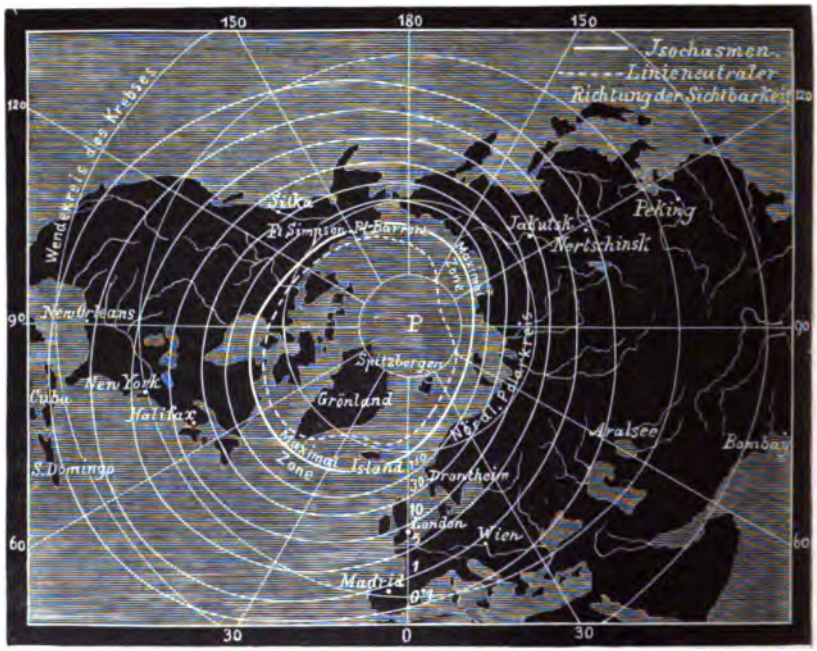
Andererseits wurden aber wieder Polarlichterscheinungen gleichzeitig auf einem großen Theile der Erde wahrgenommen. So erstreckte sich z. B. die Sichtbarkeit eines Nordlichtes vom August 1859 auf ganz Europa, Westafrika, das atlantische Meer, Cuba und Nordamerika; das Nordlicht vom Februar 1872 wurde gleichfalls in ganz Europa, einem großen Theile Asiens, im Norden Amerikas und des atlantischen Oceans gesehen, und gleichzeitig beobachtete man in Australien auf der Insel Mauritius und den Reunion-Inseln ein Südlicht.

Was die Höhe anbelangt, in welcher die Polarlichter auftreten, so resultiren für diese aus den bisherigen Beobachtungen und Messungen sehr verschiedene Größen. Daß derartige Höhenbestimmungen überhaupt sehr schwierig durchzuführen sind, kann man bereits aus dem Umstande schließen, daß ja die Polarlichter stets Farbe, Form, Intensität und Ort wechselnde Erscheinungen sind; dazu kommt noch der Umstand als weitere Erschwerung, als mannigfache Gründe dafür zu sprechen scheinen, daß von einander entfernte Beobachter nicht denselben Bogen (oder selbst Strahl), sondern jeder seinen eigenen Bogen (oder Strahl) erblickt. Wie weit die Höhenangaben auseinandergehen, erhellt daraus, daß Mairan die bedeutenden Größen von 100 bis 300 Meilen annahm, während Mitglieder der deutschen Nordpolexpedition (1869—1870) Nordlichtstrahlen mit den Händen haschen zu können wähnten. Lottin und Bravais nehmen als Höhe der Nordlichter 100 bis 150 Kilometer an, Flögel sprach sich für Höhen von 150 bis 250 Kilometer aus, wogegen Farquharson Erhellung der Unterseite der Wolken durch Nordlicht beobachtet hat und dessen Höhe selbst daher höchstens auf 1220 Meter schätzt. Trevelyan glaubt aus seinen Beobachtungen sogar den Schluß ziehen zu sollen, daß das Nordlicht nicht selten bis zu 15 Meter über der Fläche des Eismeeres herabsteige. Diesen Angaben über geringe Höhen für Nordlichterscheinungen fügen wir endlich noch eine Beobachtung bei, welche auf der österreichischen Polarstation Jan Mayen (1882—1883) gemacht wurde. V. Bóbrik hatte während eines Nordlichtes vom 30. auf den 31. December 1882 Gelegenheit, mit zwei Matrosen einen Strahl zu sehen, der aus einer kleinen, nahezu im Zenith stehenden Wolke senkrecht bis auf 20—30 Meter über die Stationshäuser herabging und mit der Wolke von Ost nach West über dieselben hinwegzog. Eine Täuschung war absolut ausgeschlossen, denn der mehr als 160 Meter hohe Vogelberg bildete den kaum 200 Meter entfernten Hinter-

grund dazu und die Erſcheinung mußte mit einer Drehung des Kopfes um 180 Grad verfolgt werden. Auch konnte man die röthliche Färbung bis zu einer meßbaren Höhe hinan genau verfolgen, während ſtarker Eisnadelfall die Erſcheinung begleitete.

Auf Grund der bisher vorliegenden Erfahrungen, die Polarforſchungen der jüngſten Zeit mit inbegriffen, gelangt man zu demſelben allgemeinen Reſultate, zu dem Fritz bereits vor einiger Zeit gelangt iſt und welches er

Fig. 386.



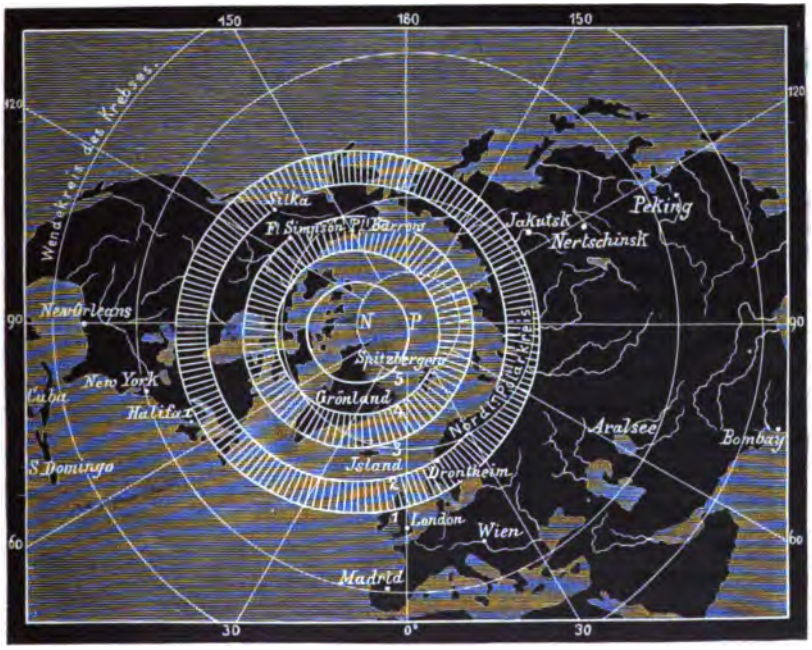
Iſochasmen nach H. Fritz.

in folgende Sätze zuſammengefaßt hat: Die Höhen über der Erdoberfläche, in welchen ſich die Polarlichter entwickeln, ſind ſehr verſchieden, höchſt wahrſcheinlich aber lange nicht ſo bedeutend, als manche auf Meſſungen beruhende Berechnungen ergaben, und die Höhen dieſer Regionen nehmen, mindeſtens für die unteren Grenzen, mit den Breiten ab.

Bezüglich der Häufigkeit, mit welcher das Polarlicht Bewohnern beſtimmter Länder oder Regionen ſichtbar wird, äußert ſich Fritz in nachſtehender Weiſe. Das Polarlicht zeigt ſich den Bewohnern der Erde um ſo ſeltener und weniger prachtvoll, in je niederer Breite ſie wohnen; ebenſo zeigt es

ſich weniger häufig und in geringerer Entfaltung, wenn man in der Richtung gegen die Pole hin eine gewiſſe Breite überſchritten hat. Die Regionen der größten Häufigkeit und Entwicklung der Lichterſcheinung ſind weder von den Erdpolen noch von den magnetiſchen Polen gleichweit abſtehend. Locale Verhältniſſe ſcheinen die Häufigkeit der Erſcheinung zu beeinfluſſen. Fritz hat die Orte, für welche das Nordlicht mit gleicher Häufigkeit auftritt, durch Linien verbunden und nennt dieſe Iſochasmen. Figur 386 zeigt dieſelben

Fig. 387.



Verbreitung der Nordlichtformen nach Nordenſkiöld.

für die Nordlichter; mit 1 iſt hierbei jene Iſochasme bezeichnet, welche Orte verbindet, für die durchſchnittlich einmal im Jahre ein Nordlicht ſichtbar wird u. ſ. w. Dieſe Iſochasme geht über Wien, die mittlere Schweiz, das nordweſtliche Spanien, durchſchneidet die Halbinſel Florida am 30. Breitegrade, verläßt Amerika ſüdlich von Sacramento, gelangt dann über die Halbinſel Kamtſchatka und den ochotskiſchen Meerbuſen in das aſiatiſche Rußland und über Tobolsk wieder nach Europa.

Die Zone größter Häufigkeit und Intenſität beginnt in der Nähe der Barrowſpitze, zieht ſich über den großen Bärenſee zur Hudſonsbai, dieſe auf

dem 60. Breitegrade schneidend, über Nain an der Labradorküste, südlich am Cap Farewell vorbei zwischen Island und dem Fär-Oer hindurch in die Nähe des Nordcap in Norwegen und von da in das nördliche Eismeer. Sie umzieht die Nordkante von Nowaja-Semlja und das Cap Tscheljuskin, um sich im Osten Sibiriens, in der Länge von Nischne Kolymsk, wieder der Küste zu nähern und nach der Barrowstraße zurückzukehren.

Nicht nur die Häufigkeit, sondern auch die Formen des Polarlichtes scheinen von bestimmten Verhältnissen abzuhängen. Diesbezüglich gelangte Nordenskiöld auf Grund von Beobachtungen, die er gelegentlich der Ueberwinterung der Vega im Eismeere nächst der Beringsstraße machte, zu folgenden Resultaten. Beschreibt man von dem Punkte N (Nordenskiöld'scher Punkt), Figur 387, aus fünf concentrische Kreise, so schließen diese fünf Zonen ein, welche dadurch charakterisirt sind, daß in der (schraffirten) Zone zwischen den Kreisen 1 und 2 die schönsten Draperien auftreten, in jener zwischen den Kreisen 2 und 3, namentlich strahlenschießende Nordlichter, in der zwischen 3 und 4 (schraffirt) häufig dem Zenithe des Beschauers nahegerückte Nordlichtbogen, während in der Zone zwischen den Kreisen 4 und 5 Nordlichtbogen die normale Erscheinung bilden; innerhalb des Kreises 5 dürften sich die Nordlichter indessen wahrscheinlich als Lichtscheine am Horizonte darstellen.

Für die Erforschung des Polarlichtes ist es auch nicht ohne Belang, die Richtung festzusetzen, in welcher die Polarlichter beobachtet werden. Auf Grund der zur Verfügung stehenden Beobachtungen ist es möglich, eine Linie (in Figur 386 gestrichelt) derart zu ziehen, daß die Nordlichterscheinungen für alle Orte, die nördlich von dieser Linie liegen, im Süden erscheinen, die Nordlichterscheinungen südlich dieser Linie aber alle im Norden beobachtet werden. Der Zug dieser neutralen Linie oder Zone tritt (nach Fritz) bei der Barrowspitze in das nördliche Amerika ein, zieht sich etwa zwischen dem Bärensee und der Yorkbai über die breiteste Stelle von Back's Großem Fischflusse zum Chesterfield-Inlet, durch die Hudsonsstraße, etwas südlich vom Cap Farewell, dann bei Island rasch nach Norden wendend um diese Insel herum, zwischen dem Nordcap und Spitzbergen hindurch, nördlich von Nowaja-Semlja vorbei, durch das nördliche Eismeer weiter gegen unseren Ausgangspunkt hin.

Wenn wir von Perioden des Polarlichtes sprechen können, so haben wir dies in erster Linie wieder den Arbeiten von Hermann Fritz, der in einem Kataloge sämmtliche bisher beobachtete Nordlichter verzeichnete, zu verdanken. Man unterscheidet gegenwärtig eine tägliche, jährliche und säculare Periode.

Die tägliche Periode weist nur ein Maximum und ein Minimum auf; Ausnahmen kennt man nur für jene Stationen, nahe dem Mittelpunkte der Hauptzone, für welche kurze Beobachtungsreihen vorliegen; die Möglichkeit, daß hier ein doppeltes Maximum eintritt, ist keineswegs ausgeschlossen. Das im übrigen die tägliche Periode kennzeichnende eine Maximum trifft für die meisten Gegenden, namentlich für die in mittleren Breiten gelegenen, nahe um 10 Uhr ein und verspätet sich dort am meisten, wo eine die größte Häufigkeit bezeichnende Curve am tiefsten gegen den Aequator sich herabzieht, also in Nordamerika.

Aber auch die einzelnen Erscheinungsformen sind nach Bravais' Beobachtungen zu Bossekop mehr oder weniger an die Zeit gebunden. Es würde hiernach das erste Auftreten der Bogen beiläufig auf 7 Uhr 50 Minuten Abends, jenes der Strahlen auf 8 Uhr 30 Minuten und jenes des Nordlichtdunstes auf 11 Uhr 20 Minuten anzugeben sein; zuckende Scheine sollen nur auf die Zeit um 1 Uhr 30 Minuten Morgens beschränkt sein. Gefärbte Nordlichter treten nur in der Zeit von 10 bis 11 Uhr Abends auf, zu welcher Zeit dieselben überhaupt auch ihre größte Intensität erreichen. Auf der österreichischen Polarstation Jan Mayen (1882—83) beobachtete man, daß die größte Häufigkeit für Bogen um 6 Uhr Abends eintritt; hierauf folgt jene für die Bänder zwischen 9 und 11 Uhr, jene für die Strahlen um 11 Uhr und die Kronen erreichen ihre größte Häufigkeit ebenfalls zwischen 9 und 11 Uhr, während bei den Dunsterscheinungen das Maximum auf 10 Uhr Abends fällt.

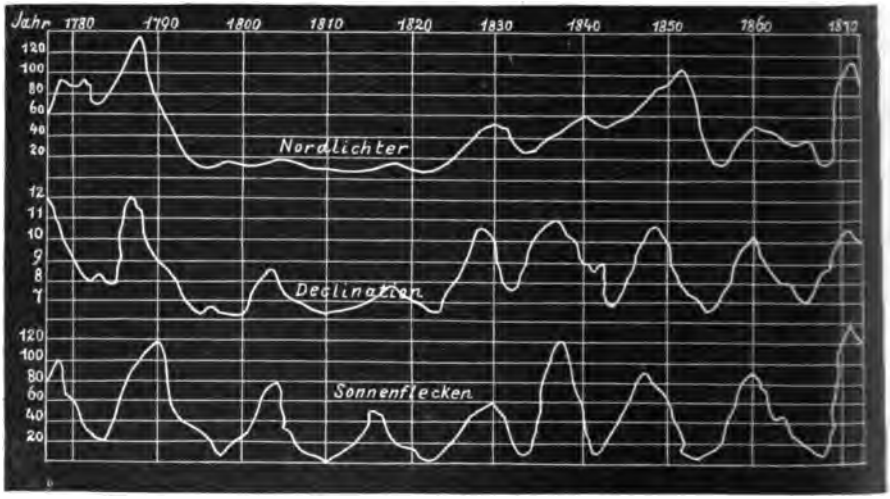
Für Südlichter besitzen wir bisher noch keine hinlänglich großen, ununterbrochenen Beobachtungsreihen, doch läßt das gegenwärtig zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial die Annahme zu, daß sich die Südlichter bezüglich der täglichen Periode ebenso verhalten wie die Nordlichter.

Auf die jährliche Periode des Polarlichtes hat bereits Mairan hingewiesen; sie ist in allen Beobachtungsreihen, mit Ausnahme jener aus sehr hohen Breiten, durch zwei Maxima und zwei Minima bestimmt gekennzeichnet. Hierbei erreichen die beiden ersten ziemlich die gleichen Höhen, während die beiden letzteren sich ziemlich bedeutend von einander unterscheiden. Während nämlich nach Fritz das Minimum des Winters sich zu den beiden Maxima ungefähr wie 5 : 6 verhält, geht das Sommerminimum auf das Verhältniß 1 : 4 herab. Man wollte dies früher durch die langen Sommertage und den Wegfall der Dunkelheit während des Sommers erklären, doch erwies sich diese Erklärung als unrichtig. Es macht sich vielmehr beim Polarlichte ebenso wie beim Erdmagnetismus der Einfluß der geringen Entfernung der Erde von der Sonne geltend. Es geht dies auch daraus hervor, daß bei der jähr-

lichen Periode die Maxima durchwegs zur Zeit der Aequinoctien, die Minima zur Zeit der Solstitien eintreten. Fritz stellte den Satz auf: »Das Polarlicht zeigt sich für die ganze Erde am häufigsten, wenn dieser Planet sich von einem Nachtgleichpunkte durch das Perihel zu dem andern bewegt.«

Die Idee einer säcularen Periode, das heißt einer mehrere Jahre umfassenden Nordlichtperiode wurde bereits von Mairan ausgesprochen und zugleich die Frage aufgeworfen, ob diese Nordlichtperiode nicht auch mit der Periode der Sonnenflecken übereinstimme. Die seither von verschiedenen Seiten

Fig. 388.



Die säculare Periode der Declination, der Nordlichter und Sonnenflecken.

gepflogenen diesbezüglichen Untersuchungen haben Mairan's Vermuthungen bestätigt und zu einer näheren Bestimmung der Dauer dieser Perioden geführt. Es besteht hiernach zunächst eine Periode von $11^1/_9$ Jahren für das Nordlicht, gleichlaufend mit derselben Periode für die Sonnenflecken und für die mittlere Declination. Der übereinstimmende Gang der drei Curven ist aus Figur 388 deutlich zu ersehen. Es ist ferner wahrscheinlich, daß eine säculare Periode besteht, die fünf oder vielleicht zehn elfjährige umfaßt und überdies dürfte auch noch eine mehrere Jahrhunderte umfassende Periode existiren.

Fritz glaubt, daß diese Perioden durch den Mond und zwar theils direct durch seinen Umlauf um die Erde, theils durch seine Einwirkung auf die Stellung der Erdaxe noch etwas modificirt werden.

3. Das Polarlicht und die magnetisch-elektrischen Kräfte.

Zu den merkwürdigsten Beziehungen, in welchen das Polarlicht zu anderen Naturerscheinungen steht, gehört wohl die bereits erwähnte Uebereinstimmung der Nordlichtperioden mit den Perioden der Sonnenflecken und somit auch mit den magnetischen Perioden. Außerdem haben wir aber noch wiederholt Gelegenheit gehabt, auf anderseitige Beziehungen des Polarlichtes zum Erdmagnetismus hinzuweisen, so z. B. auf die Stellung des Bogenscheitels im magnetischen Meridiane und auf das Erscheinen besonders zahlreicher oder intensiver Polarlichter bei starken elektrischen oder magnetischen Gewittern. Wir wollen denselben nachstehend noch einige Zeilen widmen.

Der Scheitel des Nordlichtbogens erscheint gewöhnlich nahe dem magnetischen Meridiane und zwar zwischen Norden und Nordwesten, wenn das Nordlicht am nördlichen Horizonte erscheint, zwischen Süden und Südwesten, wenn es am südlichen Horizonte gesehen wird. Ebenso scheinen die Polarlichtstrahlen, sowohl einzeln als auch in größerer oder geringerer Anzahl auftretende, sich zur Richtung der Inclinationsnadel parallel zu stellen. Die Polarlichtstrahlen dürften also durch dieselbe Kraft gelenkt werden, welche der Magnetnadel die Richtung gibt. Es kann jedoch nicht verschwiegen werden, daß das Polarlicht sich in der Regel, aber nicht ausnahmslos, wie angegeben, verhält und daß die Stellung in den magnetischen Meridian keine absolute, sondern nur eine angenäherte ist. Es unterliegt sonach keinem Zweifel, daß die richtende Kraft des Erdmagnetismus einen der Hauptsache nach bestimmenden Einfluß auf die Polarlichter ausübt, daß aber von Zeit zu Zeit immerhin auch noch andere Kräfte ins Spiel kommen können, durch welche nennenswerte Beeinflussungen stattfinden.

Zwischen den erdmagnetischen Erscheinungen und dem Polarlichte hat sich aber auch noch ein anderer Zusammenhang gezeigt. Es ist nämlich bereits von Hiorter und Celsius das gleichzeitige Auftreten großer Nordlichter und magnetischer Störungen beobachtet worden (S. 924); seither wurde diese Beobachtung von verschiedenen Forschern und in verschiedenen Ländern vielfach bestätigt. Wir begnügen uns damit, hier jene Resultate anzugeben, zu welchen diesbezüglich der österreichische Nordpolforscher Weyprecht während seines Aufenthaltes südlich vom Franz Josefs-Lande gelangt ist. Hiernach sind die Störungen der Nadel um so stärker, je mehr die Erscheinung den Eindruck der Nähe macht. Schwache, nicht strahlende oder fast unbewegliche Erscheinungen gehen nahezu ohne bemerkbare Störungen vorüber. Je bestimmter und lebhafter die Erscheinungen sind, um so stärker wird die Nadel gestört. Nach Payer hatten daselbst ruhige Bogen keinen Einfluß; mit der Lebhaftig-

keit und der Farbenentwicklung, namentlich bei prismatischen Farben, nahm die Störung an Intensität zu. Bei allen Störungen schlug die Declinationsnadel gegen Osten aus, die horizontale Intensität nahm ab, die Inclination zu; die sehr seltenen, entgegengesetzten Bewegungen können nur als Reactionserscheinungen angesehen werden.

Faßt man alle bisher vorliegenden Beobachtungen und Untersuchungen zusammen, so gelangt man nach Fritz zu dem Resultate, daß Polarlichter und magnetische Störungen häufig gleichzeitig auftreten oder sich nachfolgen: daß jedoch mindestens die mit Polarlichtern zusammenfallenden Störungen nicht an allen magnetischen Stationen wahrgenommen werden, und daß wahrscheinlicherweise Polarlichter aufleuchten, ohne durch Störungen des Erdmagnetismus angezeigt zu werden. In den meisten Fällen geht dem Polarlichte die stärkere Ablenkung der Nadel voraus.

Um die Beziehungen, welche zwischen dem Erdmagnetismus und dem Polarlichte bestehen, zu erschöpfen, erübrigt uns noch der Vergleich der Perioden des ersteren mit jenen des letzteren. Diesbezüglich ergibt sich, wenn man zunächst die säcularen Perioden ins Auge faßt, daß nicht nur eine Uebereinstimmung der mittleren Länge der Perioden beider Erscheinungen stattfindet, sondern selbst die Maxima und Minima treten gleichzeitig genau im selben Jahre oder in dem zunächst liegenden ein. Auch ist zu bemerken, daß eine beiläufig elfjährige Periode für den Erdmagnetismus in gleicher Weise beobachtet wurde, wie für das Polarlicht. Die jährliche Periode zeigt ferner sehr innige Beziehungen zwischen dem Polarlichte und dem Erdmagnetismus. In den Beobachtungen von Kew correspondiren sogar die etwas häufigeren Störungen zu Anfang Juli mit der kleinen Vermehrung der Nordlichter um die gleiche Zeit. Weniger übereinstimmend hat sich hingegen der Verlauf der täglichen Perioden erwiesen. Im Großen und Ganzen scheinen die beiden Erscheinungen nicht sowohl in dem Verhältnisse von Ursache und Wirkung zu stehen, als vielmehr als Phänomene aufzufassen zu sein, die durch gemeinschaftliche Ursachen hervorgerufen oder beeinflußt werden.

Wie bereits in der Geschichte des Polarlichtes mitgetheilt, schließt man schon seit längerer Zeit auf die elektrische Natur des Polarlichtes; seine Beziehungen zu den übrigen elektrischen Erscheinungen auf der Erde sind aber immerhin erst noch durch ausgedehntere Beobachtungen und Studien vollkommen klarzustellen. Es ist zwar bekannt, daß gleichzeitig mit großen Polarlichterscheinungen auch erhebliche elektrische Störungen auf den Telegraphenleitungen erfolgen, aber andererseits zeigt sich die tägliche Periode der atmosphärischen Elektricität unabhängig von jener der Nordlichter. In Bezug auf die Gewitterhäufigkeit glaubte aber v. Bezold allerdings den Satz aus-

sprechen zu sollen: Hohe Temperaturen sowohl als fleckenfreie Sonnenoberfläche bedingen gewitterreiche Jahre. Da nun die Maxima der Fleckenbedeckung mit der größten Intensität der Polarlichter zusammenfallen, so folgt daraus, daß beide Gruppen von elektrischen Erscheinungen, Gewitter und Polarlichter, einander gewissermaßen ergänzen, so daß gewitterreiche Jahre nordlichtarmen entsprechen und umgekehrt.

4. Natur des Polarlichtes.

Schon im historischen Theile (S. 925 u. f.) wurde darauf hingewiesen, daß es an vielen Versuchen mannigfacher Art zur Erklärung des Nordlichtes nie gefehlt hat. Es wurden daselbst Theorien mitgetheilt, welche die Erscheinungen als feuriges Meteor betrachten, welche sie als optische, magnetische, elektrische oder auch als kosmische auffaßten. Es wäre ein leichtes, diese bereits mitgetheilten Erklärungsversuche durch weitere bedeutend zu vermehren. Doch glauben wir hiervon um so eher absehen zu können, als einerseits durch die neueren Polarforschungen die Richtung, in welcher sich die Erklärungsversuche künftighin zu bewegen haben werden, mit einiger Sicherheit bestimmt erscheint, und andererseits doch nur einzelne charakteristische Theorien wirkliches Interesse erregen können. Nach dem gegenwärtigen Stande der Polarlichtforschung können im vorhinein alle jene Theorien von der Discussion ausgeschlossen werden, welche den elektrischen und magnetischen Kräften keine hervorragende Rolle zuweisen; vollkommen ungelöst bleibt aber hierbei noch die Frage, ob wir die elektrischen und magnetischen Kräfte als rein terrestrische oder als kosmische aufzufassen haben oder ob vielleicht beides der Fall ist.

Beginnen wir mit den kosmischen Theorien, von welchen wir eine auch bereits kennen gelernt haben (Mairan, S. 926). Eine andere dieser kosmischen Theorien wurde ermöglicht durch wesentliche Erweiterung unserer Kenntnisse in Bezug auf die Meteoriten. Als man nämlich den kosmischen Ursprung der Meteore und die Periodicität des November- und des Augustschwarmes erkannt hatte, wußte man nun auch, daß im Weltraume zahllose größere und kleinere Körper schweben, welche in die Erdatmosphäre gelangen können, wo sie durch Reibung zu einer Glut erhitzt werden, die uns ihr Vorhandensein verräth. Hierzu kam noch der von Schiaparelli (1866) ausgesprochene Zusammenhang zwischen Sternschnuppen- und Kometenbahnen, da im November 1872, als die Erde bei ihrem Durchgange durch die Bahn des Biela'schen Kometen mit Sternschnuppen förmlich umhüllt wurde, fast vollkommene Gewißheit erhielt. War also hiernach das Vorhandensein von Massen

größerer oder kleinerer Körper im Weltraume als sicher erwiesen, so war auch gegen die Annahme ähnlicher und daher auch eisenhältiger Staubmassen, welche wie die Meteoriten durch den Weltraum ziehen, keine principielle Einwendung zu erheben. (Einzelne Forscher wollen auch das Zodiakallicht auf Meteoritenschwärme zurückführen.) Groneman, der sich mit hierauf beruhenden Erklärungsversuchen für das Polarlicht besonders beschäftigt hat, kam zu folgenden Resultaten:

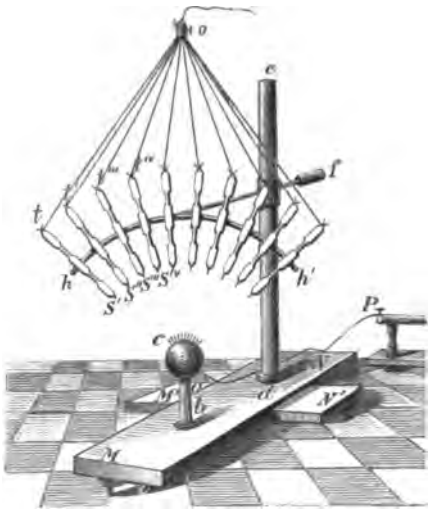
»Stellt man sich die Erde vor, umgeben von einer Wolke feinen kosmischen Eisenstoffes, dann werden von allen Seiten Bündel oder Strömungen dieser Eisentheilchen in die oberen Regionen unserer Atmosphäre treten, deren Schnelligkeit von der eigenen, wahrscheinlich paraboliſchen oder elliptischen Geschwindigkeit der Theilchen, von jener der Erde und von der Anziehung der letzteren abhängig sein wird. Die Strömungen werden nach den Polen zu stärker hervortreten und über den magnetischen Aequator gar nicht oder nur bei sehr starker Entwicklung der magnetischen Kraft.«

Groneman nimmt also allerdings auf das magnetische Verhalten des Polarlichtes Rücksicht, schließt aber die Mitwirkung elektrischer Kräfte aus. Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Ausschließung durchaus keine Bedingung für die Erklärung des Polarlichtes als kosmische Erscheinung bildet. Die Polarlichter können immerhin auch als elektrische Lichterscheinungen betrachtet werden, welche unter dem Einflusse des Erdmagnetismus stehen. Es ist dann sowohl die Annahme zulässig, daß die elektrischen Ströme oder Spannungen kosmischen Ursachen ihr Entstehen verdanken, als auch, daß sie durch irdische Processe hervorgerufen werden. Erstere vertraten z. B. Förster, Werner Siemens, Sirks u. A. Wir wollen uns jedoch nur mit Theorien beschäftigen, die nicht über die irdischen Kräfte hinausgreifen und die nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft die beste experimentelle Grundlage aufzuweisen haben; es sind dies ohne Zweifel jene, welche die Polarlichter als elektrische Erscheinungen darstellen.

Die elektrische Natur des Polarlichtes wurde zwar schon von Dalton, Winkler, Beccaria u. A. vermuthet und von Canton durch Experimente zu stützen versucht, fand aber doch erst durch de la Rive eine hinlänglich eingehende und gründliche Erörterung. Nach de la Rive steigen vom Meere mit positiver Elektricität geladene Dämpfe auf und werden in den höheren Regionen durch den rückkehrenden Passat den Polen zugeführt; die Erde selbst bleibt negativ elektrisch. Da nun einerseits die Erde und anderseits die höheren Schichten verdünnter Luft Elektricitätsleiter sind, so kann man sie mit den Platten eines Condensators vergleichen, dessen isolirende Schicht durch die unteren Lagen der Atmosphäre gebildet wird. Infolge der durch

die Rotation der Erde entwickelten Fliehkraft wird diese isolirende Schicht am dünnsten an den Polen, am stärksten am Aequator sein müssen. Daher werden sich auch die beiden einander entgegengesetzten Elektricitäten hauptsächlich in der Nähe der beiden Pole zu vereinigen streben. Haben nämlich hier die entgegengesetzten Elektricitäten eine bestimmte, unüberschreitbare Spannung erreicht, so muß auch die Ausgleichung in Form mehr oder minder häufiger Entladungen erfolgen. Da das Mittel, durch welches hindurch sie stattfindet, eine sehr geringe Leitungsfähigkeit besitzt, so wird auch die Entladung nur allmählich erfolgen können, also in Form mehr oder weniger continuirlicher Ströme von veränderlicher Intensität.

Fig. 389.



Lemström's Nordlichtapparat.

De la Rive construirte auch einen Apparat, durch welchen er die Erscheinung der Polarlichter und ihre Eigenheiten nachzubilden suchte. Wir verzichten jedoch auf die Beschreibung desselben, da seither Lemström einen viel einfacheren Apparat ersonnen hat, der überdies auch den thatsächlichen Verhältnissen besser zu entsprechen scheint.

In Figur 389 ist Lemström's Nordlichtapparat abgebildet. Eine hohle Messingkugel c ist an ihrem oberen Theile mit feinen Spitzen besetzt, welche radial gestellt sind; diese Kugel wird von dem cylindrischen Guttaperchastabe ab getragen, welcher vertical auf dem Brette MN befestigt ist, das mit M'N' den Fuß des Apparates bildet. Auf diesem Fuße ist auch der Guttaperchastab de befestigt, auf welchem sich der Arm f verschieben läßt. Auf diesen Arm ist der Bogen hh' als Träger einer größeren Anzahl Geißler'scher Röhren S't', S''t'' u. s. w. aufgesetzt. Die oberen Enden t't't'' u. s. w. dieser zur Kugel radial gestellten Röhren sind durch Drähte mit der Klemme o verbunden, welche unter Vermittlung einer Gasleitung zur Erde abgeleitet wurde. P ist der mit der Kugel c verbundene negative Conductor einer Elektrisirmaschine, deren positiver Conductor mit der Erde in Verbindung steht. Sobald man die Maschine in Thätigkeit versetzt, entsteht in den Geißler'schen Röhren, in welchen ein Druck von 0·5 Millimeter herrscht, eine Lichterscheinung, welche mit dem Nordlichte große Aehnlichkeit besitzt.

Unter günstigen Verhältnissen entsteht die Erscheinung auch noch in einer Entfernung von 2 Meter, vorausgesetzt, daß eine gute Maschine zur Verwendung gelangt. Lemström hat durch dieses Experiment den experimentellen Beweis geliefert, daß in gewöhnlicher Luft thatsächlich elektrische Strömungen erfolgen können und zwar ohne daß hierbei Lichterscheinungen auftreten; solche traten aber sofort ein, wenn die elektrischen Strömungen einen besseren Leiter, verdünnte Luft, durchlaufen.

Lemström blieb jedoch nicht bei diesem Experimente im Kleinen stehen, sondern suchte nun Mittel und Wege, um diese Erscheinungen im Großen hervorzurufen, um die Natur selbst gewissermaßen zu nöthigen zu einer willkürlich bestimmten Polarlichterscheinung; und in der That, dieses Streben des unermüdlichen Forschers wurde von einem vollen Erfolge gekrönt. Auf welche Art und durch welche Mittel es Lemström gelungen ist, den Nachweis elektrischer Ströme in der Atmosphäre zu erbringen, hatten wir bereits weiter oben (S. 206) Gelegenheit zu erörtern. Hier erübrigt uns noch, das Wichtigste über die Lichterscheinungen, welche durch den Ausströmungsapparat hervorgerufen wurden, nachzutragen.

Lemström und seine Mitarbeiter haben auf den Bergen, welche mit Entladungsapparaten versehen worden waren, wiederholt Lichterscheinungen wahrgenommen; diese erschienen zum Theil in Form eines Lichtscheines, zum Theil als Lichtstrahl oberhalb des Apparates. Im Spectralapparate erzeugte dieses zerstreute Licht stets die für das Nordlicht charakteristische Linie. Die Lichterscheinung wurde zuweilen mit freiem Auge gesehen, häufig mit Hilfe des Spectroskopes nachgewiesen. Die mit letzterem wahrgenommene Linie war thatsächlich von der künstlich hervorgerufenen Lichtentwicklung erzeugt und nicht etwa durch eine gleichzeitige Nordlichterscheinung, wie dies z. B. aus folgender Beobachtung hervorgeht. Am 1. November 1883 erschien in Nordnordwest ein regelmäßiger Nordlichtbogen, dessen östliches Ende in einer gewissen Entfernung vom Komattivara den Horizont berührte. Während nun die Nordlichtlinie auf der ganzen Länge des Bogens erhalten wurde, verschwand sie vollständig auf jenem Stücke des Horizontes, welches zwischen dem Bogenende und dem Gipfel des Komattivara lag, erschien aber wieder vollkommen bestimmt, als das Spectroskop auf den Entladungsapparat gerichtet wurde, um auf der anderen Seite des Berges abermals zu verschwinden.

Um nun auch den elektrischen Ursprung der oberhalb des Entladungsapparates beobachteten Lichterscheinungen zu beweisen, verband Lemström den negativen Pol einer Holtz'schen Influenzmaschine mit dem Entladungsapparate, während der positive Pol der Maschine zur Erde abgeleitet wurde.

Das Resultat wiederholter Versuche dieser Art war, daß eine mit dem Entladungsapparate in der angegebenen Weise verbundene und in Thätigkeit gesetzte Influenzmaschine nicht nur schon vorhandene Lichterscheinungen verstärkte, sondern auch solche selbst erst hervorzurufen vermochte, wenn die Umstände günstig waren. Die Lichterscheinungen wurden sehr deutlich und die Nordlichtlinie gewann an Intensität, wenn man in die Leitung von der Maschine zum Entladungsapparate eine Funkenstrecke, oder wenn man eine

Fig. 390.

Nordlichtstrahl, erzeugt durch Lemström's Entladungsapparat auf dem Pietarintunturi am 29. December 1882.

Geißler'sche Röhre einschaltete. Hinderte heller Mondschein, die Lichtentwicklung mit freiem Auge wahrzunehmen, so konnte eine solche immerhin mit Hilfe des Spectroskopes nachgewiesen werden.

In Figur 390 ist nach einer von Lemström veröffentlichten Tafel ein Nordlichtstrahl abgebildet, wie ein solcher am Entladungsapparate auf dem Pietarintunturi bei Kultala am 29. December 1882 beobachtet wurde. Man erblickt links einen ziemlich hellen Nordlichtbogen, dessen Ende durch den Berg gedeckt erscheint, während am Gipfel des Berges der durch den Entladungsapparat hervorgerufene Strahl sich zeigt. Im Vordergrunde

befindet sich die Beobachtungshütte, in welcher das Galvanometer aufgestellt war; die Entfernung derselben vom Gipfel des Berges betrug ungefähr 600 Meter und die Höhe des Strahles beiläufig 134 Meter.

Durch Lemström's Forschungen und Experimente ist, soweit dies menschlichen Forschungen überhaupt gegönnt ist, mit voller Sicherheit der Beweis hergestellt, daß wir es in der Polarlichterscheinung mit einem Phänomen elektrischer Natur zu thun haben. Nachdem hierdurch eine auf das große Räthsel des Polarlichtes bezügliche Hauptfrage beantwortet erscheint, wird es Aufgabe künftiger Forschungen sein, einerseits die verschiedenen Formen und Stadien sowie das physikalische Verhalten des Polarlichtes einer befriedigenden Erklärung entgegenzuführen, anderseits aber den Ursprung der auf der Erde zur Wirksamkeit kommenden Elektricität nachzuweisen. (Vergl. S. 182—208.) Leider haben wir auf dem Wege zur Lösung der letztgenannten Aufgabe noch keine erheblichen Fortschritte gemacht. Möge es künftiger Forschung besser gelingen!

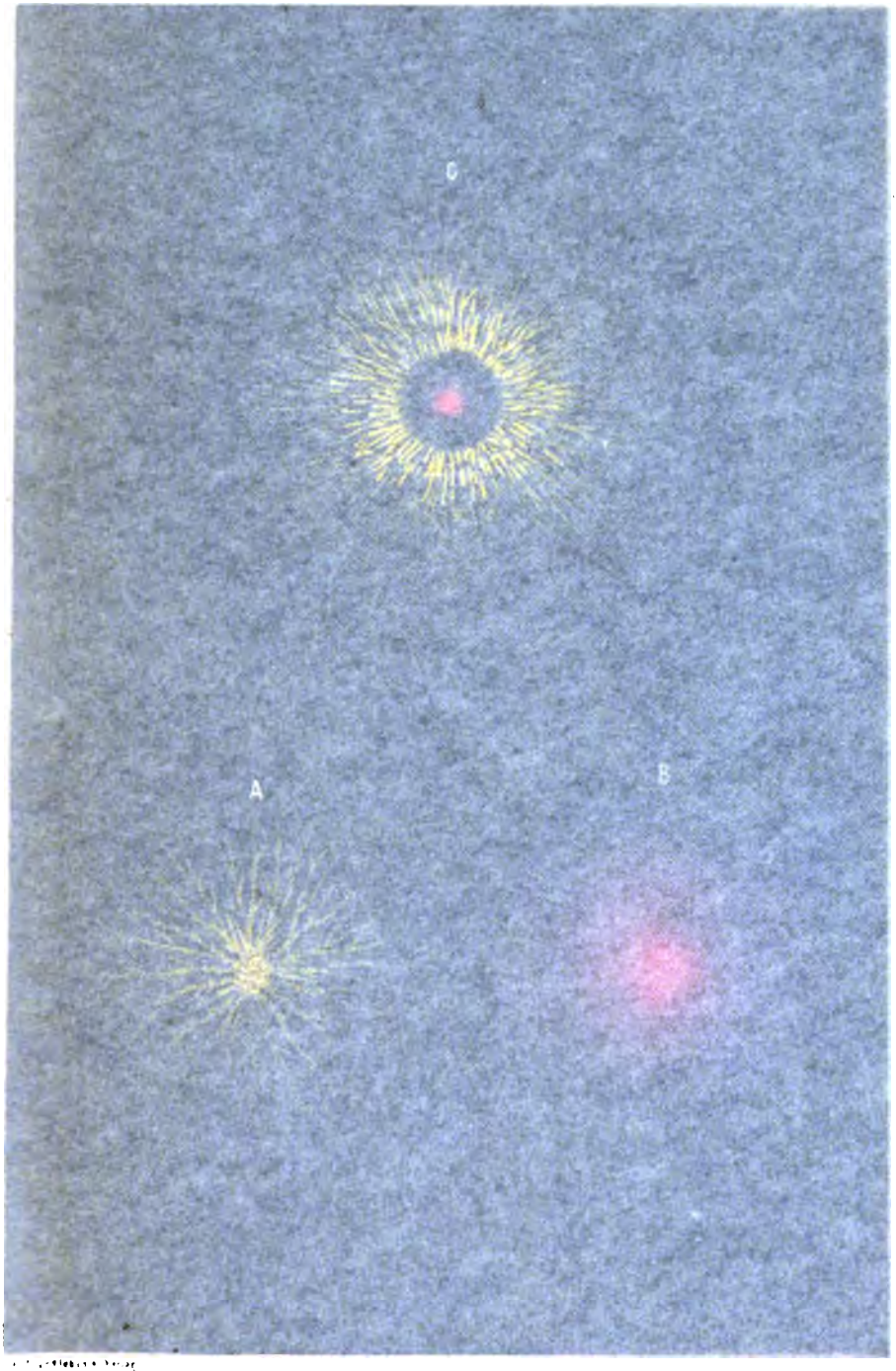
C
A
B

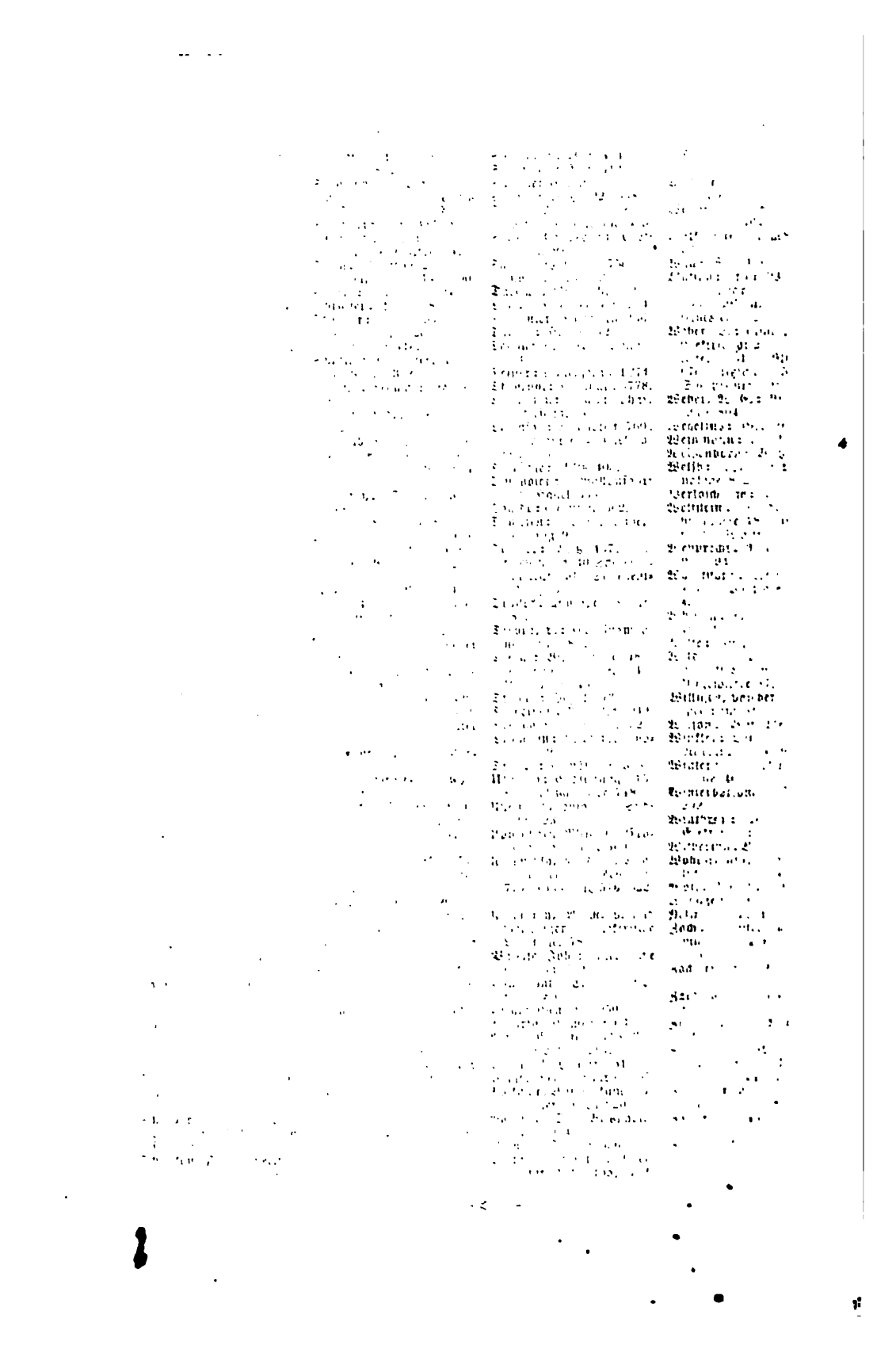
Periode 316; u. Erdbeben 358; u. Polarlicht 956; Vertheilung 289; vulcanische 258; Wirkg. auf metall. Leitg. 624; zeitliche Vertheilg. 107; Zugrichtung 315.
Gewitterbeobachtung. 238; der Alten 95.
Gew.-Beobacht.-Dienst 239; in Baiern und Würtemberg 239; Belgien 245; Deutschland 239, 302; Italien 243; Sachsen 243; Schweden 245.
Gewitterelektricität 201, Wissen d. Alten 115.
Gewitterherde 255.
Gewitterläuten 672.
Gewitterperioden 305.
Gew.-Period.: doppelte 311, in Baiern 312; Deutschland 305; Italien 311; Prag 312; Wien 308, 312.
Gewitterwolken 211, 215; Elektricität 231; Höhe 219.
Glasscheiben, Blitzwirkung auf 580.
Glaselektricität 5.
Glimmlicht 73.
Goldblattelektroskop 5.
Geruch bei Blitzschlägen 146.
Gesetze d. atmosphärischen Elektricität 171.
Gesteinsmagnetismus 810.
Getheilter Blitz 407.
Grubencompaß 777.
Häufigkeit d. Polarlichtes 950.
Hagel 363; gefärbter 373; Geräusch 374; Theorien 377; Vertheilung 374.
Hagelfälle 364.
Hagelkörner 366; leuchtende 348.
Halbleiter 7.
Harzelektricität 5.
Hauchbilder, elektrische 68.
Haufenwolken 213.
Heilungen durch Blitzschläge 665.
Herden, Blitzschläge in 572.
Höhe der Gewitterwolken 219; d. Polarlichtes 949.
Hörbarkeit des Donners 535.
Hurricanes 292.
Hydro-elektrischer Stoßheber 591.
Inclination 88, 780, 791, 810, 846, 827.
Indifferenzzone, elektr. 35, magnetische 86.
Inductionsapparate 75.
Inductionsströme 52.
Influenz 33.
Influenzmaschine 40.
Intensität, der atmosphär. Elektric. 175; d. Nordlichtes 944; magnetische 846.
Isobronten 242.
Isochasmen 951.
Isoclinen 846.
Isodynamische Linien 848.
Isogonen 842.
Isolatoren 7; für Blitzableiter 723.
Kabel u. Blitzschläge 636.
Kalter Schlag 615.
Kalte Schmelzungen 145 602.
Karten, magnetische 852.
Kellerräume u. Blitzschläge 578.
Kette, galvanische 9.
Ketzerstange 672.
Kirchen u. Blitzschläge 620.
Kohleblitzableiter 748.
Kraft, elektromotorische 11.
Krone 940.
Kugel, elektrische 78.
Kugelblitz 392, 420, 515; Kugelfunke, wandernd. 84.
Länge d. Blitze 452, 459.
Leclanché-Element 12.
Leiter 7; beweglicher 155; feststehender 156; symmetrischer 24.
Leitungen für Blitzableiter 706; Gewitterwirk. 624.
Leuchtender Nebel 347.
Leuchten v. Regentropfen, Schneeflocken u. Hagelkörnern 348.
Leuchtende Wolken 339.
Leydener-Flasche 43.
Lichtbogen 75.
Lichtwirkungen d. elektr. Stromes 66, 70.
Linien, isodynamische 848; magnetische 842.
Linienblitze 391, 393.
Linienblitzableiter 754.
Lucula borealis 923.
Luftdruck u. Gewitter 278.
Luftthermomtr., elektr. 67.
Luftzug u. Blitzschlag 570.
Luftprojectil 491.
Magnet 86.
Magneteisenstein 86.
Magnetische, Anomalien 858; Gewitter 871; Karten 852; Linien 842; Pole 86; Registrirapparate 833; Störungen 871; Wage 830; Warten 816, 819; Wirkungen des Blitzes 615; des elektr. Stromes 86.
Magnetischer Aequat. 846; Meridian 86; Theodolit 826; Wagen 774.
Magnetisirung durch den Blitz 813.
Magnetismus 86; temporärer 90.
Maßflasche, Lane'sche 45.
Materie, strahlende 77.
Mechan. Wirkungen des Blitzes 576; des elektr. Stromes 61.
Menschen, Blitzschläge 655.
Meridian, magnetischer 86.
Metalle, Anziehung des Blitzes durch 564.
Metallmassen, Anschluß an Blitzableiter 732; Blitzwirkung auf 581.
Methode des Umkehrens 832.
Mitführung d. Elektricität durch Wasserdampf 188.
Mörser, elektr. 66.
Monument, Blitzschlag auf ein 579.
Multiplicator 89.
Nebel, leuchtender 347.
Negative Elektricität 5.
Neutrale Linie 952.
Nichtleiter 7.
Nordschein 923.
Nordlicht: Apparat 959; Bänder 938; Bogen 931; Draperien 942; Dunst 931; Erklärung 925; Garbe (Feder) 931; Geräusch 924; Höhe 924; Intensität 944, Krone 940; Strahlen 938; u. Erdmagnetism. 924; Wellen 943; s. auch Polarlicht.
Oscillirende Entladung 456, 471.
Osteocolla 146, 605.
Ozon 60, 146, 499, 500.
Paramagnetische Körper 803.
Partialentladungen 452.
Pendel, elektr. 3.
Perioden der atmosphär. Elektricität 172; der Gewitter 316; des Polarlichtes 952.
Perlschnurblitz 434.
Permanenter Magnetismus 90.
Pflanzen, Blitzwirkg. 639.
Pfeifen u. Zischen bei Gewittern 530.
Photographien d. Blitzes 460.
Physikal. Wirkungen des Blitzschlages 574.
Physiolog. Wirkungen des elektr. Stromes 90.
Polarisation des Polarlichtes 944.
Polarlicht 921; Farbe 945; geograph. Verbreit. 948; Geräusch 946; Geschichte 921; Häufigkeit 950; Höhe 949; Krone 940; künstliches 960; Natur 957; Perioden 958; Polarisation 944; Schilderung 928; Segment 936; Spectrum 945; und Gewitter 956; und magnet. elektr. Kräfte 955.
Pole, galvan. 10; magnet. 86.
Positive Elektricität 5.
Primär-Elemente 57.
Probescheibchen 29.
Prüfung d. Blitzableiters 765.
Pumpen u. Blitz 622.
Punkt, Nordensköld'scher 952.
Pyro-Elektricität 9.
Quadranten-Elektrometer 16.
Querschnitt f. Blitzableiter-Leitungen 708.
Rauch u. Blitzschlag 570.
Raum, dunkler 74.
Regenrinnen u. Blitz 622.
Regentropfen, leuchtende 348.
Registrirapparate f. Erdströme 883; magnetische 888.
Reibungshypothese 191.
Reservoirhypothese 204.
Rheostatische Maschine 81, 589.
Richtung d. Blitze 476.
Röhren, Geißler'sche 77.
Rohrleitungen und Blitz 622, 634.
Rollen des Donners 531, 547.
Rosenkranzblitz 435.
Rückläufiger Blitz 406.
Rückschlag 51, 349.
Rußschreiber 863.
Säculare Variationen 868.
Säulen, trockene 12.
Salpetersäure bei Blitzschlägen 499.
Saugwirkung der Spitzen 38.
Schäfchenwolken 213.
Schatten, elektr. 597.
Scheiben-Elektrisirmaschine 39.
Schichtenwolke 213.
Schiffe, Blitzwirkung 622.
Schlag, kalter 615.
Schlangenblitz 405.
Schleierwolke 213.
Schlierenapparat 491.
Schmelzdraht für Blitzableiter 750.
Schmelzungen durch Blitz 599.
Schneeflocken, leuchtende 348.
Schornsteine u. Blitzschläge 620.
Schutzdraht f. Blitzableiter 750.
Schutzkreis (Schutzraum) 702.
Schwefeldampf bei Blitzschlägen 497.
Schweifwolke 213.
Secundärbatterie 59.
Segment, dunkles 936.
Seitenentladung 53.
Sitz und Vertheilung der Elektricität 19.
Spannungs-Elektricität 1.
Spannungsreihe 9.
Spectra 510; der Blitze 503, 513; des Nordlichtes 945.
Spectralapparat 506.
Spectroskop 506.
Spiegelgalvanometer 888.
Spindelblitzableiter 751.
Spiralblitz 393.
Spiralen auf Bäumen 642.
Spitzenblitzableiter 745.
Spitzenwirkung 33, 36, 127, 140, 687.
Springflut, elektr. 84.
Staubbilder, el. 597.
St. Clara, Elmsfeuer, Helena, Nikolaus 324.
Störungen, magnet. 871
Strahlen (Streifen) dunkle 934.
Strahlende Materie 77.
stratus 213.
Strohhalmelektrometer 155
Ströme, el., dem Blitze 56; Entstehung 48; Lichtwirk. 66; mechan. Wirk. 61, Wärmewirk. 66.
Strom, galvanischer 10.
Südzeiger 774.
Südlichter 923.
Tangentenbussole 88.

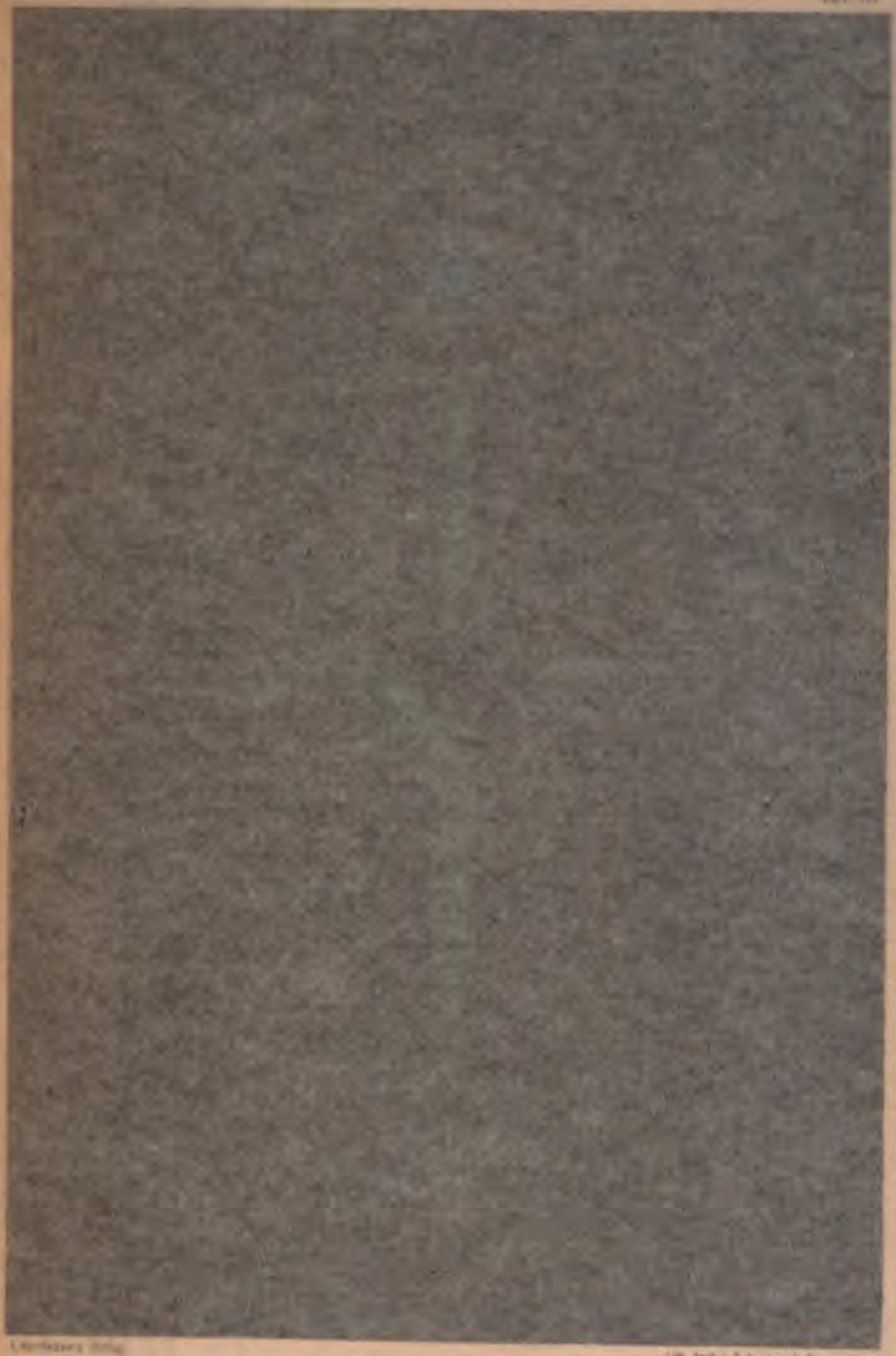
Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien

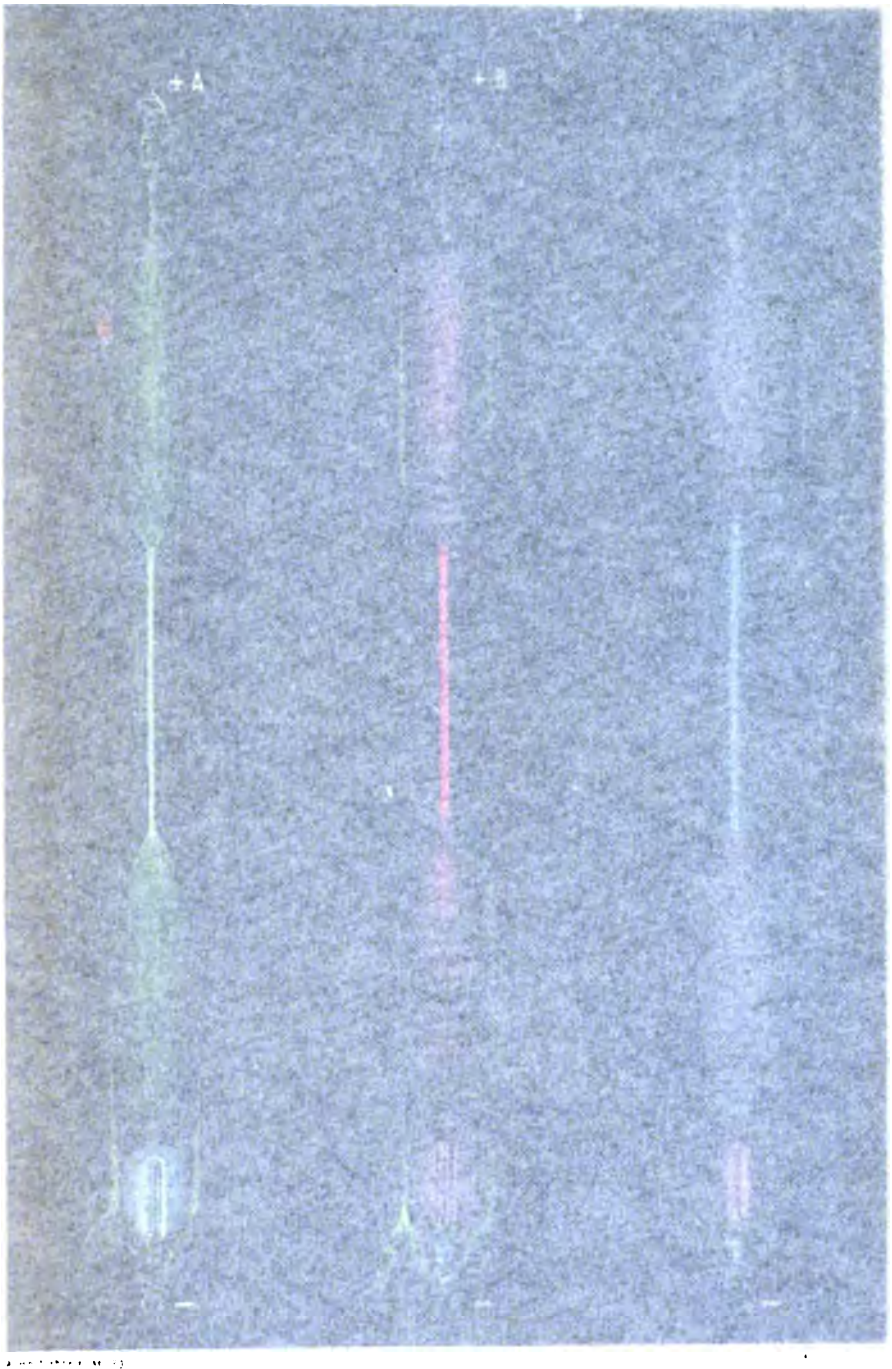
Descartes: Blitz 107; Magnetismus 785; Nordlicht 926.
Deschmann: Blitzableitung 588.
Descroix: Magnetism. 858.
Deslandes: Blitzschläge 561.
Dibben: Metallschmelzung durch Blitz 800.
Dioscorus Siculus: Elmsfeuer 110.
Dioskuren 110.
Divisch: Biographisches 139; Blitzableiter 141, 686; Spitzenwirkung 140, 690; Stromwirkung 90.
Dorta: Blitz 417.
Dove: Blitz 471; Elmsfeuer 329.
Dreßing: Erdstrom 896.
Dobson: Declination 793.
Dubocq: Registrirapparate 834, 891.
Ducretet: Elektroskop 176.
Dufourcet: Erdbeben und Erdstrom 917.
Eberhard: Nordlicht 927.
Edlund: atmosphärische Elektricität 204.
Eichler: Nordlicht 923.
Ekholm u. Hagström: Höhe der Gewitterwolken 225.
Ellner: Gewitterausbreitung 264.
Elster und Geitel, atmosphär. Elektricität 183; Elektricität der Gewitterwolke 230.
Epigenes: Blitz 105.
Ermann: Erdmagnetismus und Erdbeben 917; Gesteinsmagnetismus 811.
Ernst: Hagel 373.
Espert: Kugelblitz 428.
Euler: Erdm. 793, 903.
Evrard: Blitzschläge 560; Rückschlag 355.
Exner, F.: atmosphär. El. 204; 188; 233.
Fanqrehar son: Polarlichthöhe 949.
Faye: Gewitter 201.
Faraday: Biographisches 801: Elektricitätslehre 9, 21, 197, 231; Erdmagnetismus 904; Erdstrom 878; Induct. 52.
Feddersen: Partialentladung 455.
Ferrara: verzweigter Blitz 407.
Ferrari: Blitz 406; Hagel 375; Gewitter 243, 268, 281, 311; Wetterl. 418.
Festus: elektr. Apparate der Alten 117.
Ficlund: Erdmagnet. 782.
Fid: Gewitterelektr. 235.
Fiedler: Blitzröhren 146, 605.
Finaeus, O.: Declin. 779.
Förstemann: Gesteinsmagnetismus 814.
Fonvielle: Ballonfahrt 199; Spiralblitz 394.
Forbes: Magnetism. 850.
Forbin: Elmsfeuer 146.
Formby: Blitz 432.
Forster: Südlicht 923.
Flögel: Polarlicht 949.
Fracastoro: Erdm. 783.
Franklin, B.: atmosphär. Elektr. 148; Biographisches 133; Blitzableiter 138, 686, 698, 702; Drache 136; Gewitterwolke 216; Spitzenwirkung 138; Wetterhäuschen 135.
Fraunhofer: Spectrum 506.
Friesleben: Gesteinsmagnetismus 813.
Freemann: Condensationshypothese 187.
Freyberg: Blitzgefahr 675.
Friesenhof: Ozon 501.
Fristani: Gewitterbeobachtungen 243.
Fritz: Gewittervertheilung 295; Polarlicht 956; 947; 950; 950; 952, 953; 936; 948.
Frobesius: Nordlicht 926.
Fröhlich: Erdstrom 886.
Fromme: Hagel 364, 371.
Fuchsieri: Blitzmaterie 488; Blitzwirkung 580.
Galilei: Erdmagnet. 903.
Ganot: elektr. Porträt 597.
Gardini: atmosphärische Elektricität 152; elektr. Geruch 146.
Gassendi: Nordlicht 923.
Gasstot: große Batterie 74.
Gauß: Bifilarmagnetometer 828; Biographisches 803; Erdmagnetismus 904, 912.
Gay: Erdbeben und Erdmagnetismus 917.
Gay-Lussac: atmosphär. El. 175; Blitzableiter 145; magnet. Intensität 849, 851; vulcanische Gewitter 258.
Geitel, siehe Elster.
Gellibrand, H.: Declination 780.
Gemellaro: akust. Wirkung d. atmosphärischen Elektricität 355.
Gerland: Gewitter 246.
Gesner, K.: Nordlicht 923.
Gibbs: Gesteinsmagnetismus 814.
Giesler u. Helland: Nordlichtgeräusch 924.
Gilbert, W.: Biograph. 781; Erdmagnetismus 773, 782, 783, 903.
Glaisher: atmosphär. El. 175; Ballonfahrt 199.
Goldberry: Typhone 293.
Gmelin: Gesteinsmagnetismus 814.
Goldfuß: Gesteinsmagnetismus 811.
Gourdon: Blitzmaterie 485.
Graham: Biographisches 790; Magnetismus 791; Nordlicht 924.
Grey: elektr. Natur des Blitzes 130.
Gronau: Gewitter 278.
Groneman: Polarlichttheorie 958.
Grumbach: Kugelblitz 450.
Günther, H.: Elmsfeuer 329.
Günther, S.: Declin. 773.
Gutwasser: Blitzgefahr 675.
Gay-Fachart: Declination 790.
Hachette: Blitzröhren 609.
Haenfel, R.: Blitzphotographien 482.
Hagen: Blitzröhren 610.
Hagenbach: Hagel 871.
Hagström, siehe Ekholm.
Haidinger: Gewitterwolken 220; Wetterleuchten 418.
Halley: Biographisches 788; Declination 787, 789; Erdmagnetismus 903; Hagel 372; Nordlicht 925.
Hamilton: Blitz 406; vulcan. Gewitter 260.
Hankel: Blitz 428.
Hann: Blitz 221; Gewitter 217, 281, 308, 312; Wetterleuchten 414.
Hansteen: Erdmagnetism. 789, 903.
Haponèle: Blitz 425.
Harris, Snow: Blitzableiter 145.
Harting: Hagel 367.
Hartmann: Erdmagnetismus 779; 780; 793.
Hauteroche, de, s. Chappe.
Helena 113.
Hell: Nordlicht 924, 926.
Hellmann: Gewitter 278.
Hemmer: Erdleitung 712; Spitzenwirkung 689.
Henley: Ausladen 50; Blitzableiterspitzen 701.
Henzen: Blitzröhren 146, 605.
Hermann: Blitzröhren 146, 605.
Herschel: Blitzspectrum 513.
Herzberg: Wintergewitter 298.
Heisner: Blitzschlag auf Menschen 656, 659.
Hildebrand, von: Gewitter 245; Kugelblitz 438.
Hiorter: Nordlicht 924, 925, 955.
Hipp: Erdstrom 901.
Hofmann: Spectroskop 508.
Hogard: Kugelblitz 424.
Hoh: Blitz 420; 593.
Holz: Blitz 621; Blitzableiter 703, 718, 720; Blitzgefahr 681; elektr. Funke 464; elektr. Schatten 599; Gewitter 318; Influenzmaschine 40.
Homer: Blitz 96, 100.
Hoole: Donnerrollen 548.
Hoppe: Reibungshypothese 193.
Hornig: Blitz 446.
Hossard: Wolken 216.
Howard: Wetterleuchten 413; Wolken 213.
Hudson: Erdmagn. 783.
Hugueny: Blitz 431.
Humboldt, A. v.: Biographisches 806; Blitz 604; Declination 779; Erdbeben u. Erdmagnetism. 917; Gesteinsmagnetism. 811; Gewitterwolken 219; magnet. Gewitter 871; Intensität 848; Verein 805; Warten 816; Nordlicht 925; Terminbeobachtungen 871; vulc. Gewitter 258.
Jallabert: atm. El. 324; Spitzenwirkung 137.
Jesse: Abendröthe 345.
Jobard: Blitz 595, 630; Donner 546.
Jordan: atm. Elektr. 191, 234.
Josephus, Flavius: Salomon. Tempel 118.
Joule: Blitz 409, 436; leucht. Wolken 342.
Irton: Blitzröhren 611.
Isle, de l': Blitz 459.
Kämtz: Blitzarten 391; Donner 549; Gewitter 245, 297; Hagel 372, 374, 379; Wolken 213, 220.
Kallischer: Condensationshypothese 187.
Kalm: Hagelgeräusch 374.
Kant-Laplace: Hypothese 204.
Karsten: Blitzableiter 704, 709, 715, 740; Blitzgefahr 674; elektrische Bilder 597; Spitzenwirkung 698.
Kastner: Blitzgefahr 676.
Kastor u. Pollux 110.
Keyser: Blitzphotographie 470.
Keferstein: Gewitter 261.
Kayser & Schmidt: Blitzableiter-Prüf.-App. 786.
Keller: magnet. Fesseln 812.
Kernaul: Blitzableiter 729.
Kinnersley s. Knight.
Kirch: Nordschein 923.
Kirchner, A.: Blitzableiter 733; Magnetismus 784.
Kirchschläger: Blitz 404; Elmsfeuer 330; Rückschlag 354.
Klaproth: Bussole 773.
Klasen: Blitzableiter 736.
Klein, H. J.: atmosph. Elektricität 355, 357; Blitz 400, 403, 410, 419, 431, 561, 571, 592, 614, 642; Donner 536; Elmsfeuer 111, 330; Gewitter 216, 236, 237, 263, 289, 358; Hagel 387; Wetterleuchten 415, 417.
Kleist: Flasche 43.
Klingert: Blitz 449.
Klose: akust. Wirkung der atmosph. Elektricit. 358.
Klinge: Gewitter 258.
Knight und Kinnersley: kalte Schmelzung 145.
Knipping: Gesteinsmagnetismus 814.
Knop: Gewitterwolk. 222.
König: Blitz 400.
Königsspiegel: Nordlicht 922.
Köppen: Gewitterstarm 250; Gewitterwolk. 217.
Kolbenheyer: Blitz 405.
Kohlfürst: Blitzsteg 745.
Kohlrausch: Blitzableiterprüfungs-Apparat 768.
Krätzig: Elmsfeuer 328.
Krebs: Gewitter 279.
Kreil: Anomalien 856 Gesteinsmagnetism. 814.

Renou: Blitz 436; magn. Warte 819.
Reslhuber: Donner 536; Wetterleucht. 413, 415.
Reuß: Gesteinsmagnetismus 812.
Richard: elektr. Licht auf der Donau 337.
Richard, Abbé: Blitz 407, 422; Donner 529; Gewitterwolke 236.
Richmann: Blitzfänger 149.
Riegel: elektr. Licht an Thieren 334.
Rieß: Anfammlg. App. 41; atmosphär. Elektr. 152; Funkenmikrometer 50; el. Staubbilder 596; Wärmewirkung 68; el. Drahtglühen 62; Luftthermometer 67; Vertheilg. App. 34.
Rihouet: Schwefeldampf b. Blitzschlag 498.
Rijkevorsel: Erdmagnetismus 864.
Rivière: elektr. Licht am Meere 336.
Robinson: Elmsfeuer 335; leuchtende Wolken 341.
Robison: Donner 549.
Roche: Erdmagnetismus 903.
Rößler, B.: Grubencompaß 777.
Rolli: atmosphär. Elektr. 172.
Rollmann: Blitzröhren 609.
Romas, de: elektr. Drache 136.
Rondoni: Gewitter 361.
Rosenthal: Blitzdauer 457; Gewitter 278.
Rousseau: leuchtender Nebel 347.
Rouyer: Beibehalten der Stellung v. Blitze Getödteter 666; Zahl der Blitze 460.
Rubel: Blitz 448.
Ruhmkorff: Inductionsapparat 76.
Sabine: leuchtende Wolken 341.
Sacré: Blitzableiter 759.
Sadebeck: Elmsfeuer 329.
Salis, P. v.: Blitzschläge 562.
Sampieri: Gewitter 360.
Santa Cruz: Declination 787.
Sauffure, de: atmosphär. Elektricität 151, 355; Blitz 604; Blitzableiter 144; Gewitterwolken 216, 219; Wetterleucht. 413; s. auch Jallabert.
Sauvan: Elmsfeuer 325.
Savart: Blitzröhren 609.
Schafhäutl: Gewitterwolke 544.
Schiaparelli: Gewitterbeobachtung 243; Sternschnuppen 957.
Schimkow: Funkenspectrum 512.
Schlagintweit: Erdmagnetismus 864.
Schmauch: el. Lichterscheinung 339; Kugelblitz 437.
Schneider: Blitz 396, 419; Gewitterwolken 237; leuchtende Wolken 342.
Schön: Gewitter 261.
Schönbein: Ozon 146, 500.
Schrenk: Gewitter 294.
Schrötter: Blitz 418.
Schübler: atmosphär. El. 175; Gewitter 261; Wetterleuchten 416.
Schulteiß: Gewitterperiode in Baiern 312.
Schuster: Erdmagnetismus 915.
Schulze: Erdmagnetismus 912.
Schwaab: Hageltheorie 384.
Schweigger: Erdmagnetismus 771; Gewitter 261.
Scoresby: Donner 532, 548.
Seebeck: Erdstrom 878.
Secchi: Erdelektricität 915.
Seeland: Blitzschlag 563.
Selinger: Blitzphotographie 465.
Seneca: Blitz 95, 97, 102, 105, 109, 574; Donner 536; Elmsfeuer 112; Gewitter 108; Polarlicht 921; vulcan. Gewitter 259.
Servius: elektr. Apparate der Alten 117.
Sestier: Blitz 398, 402, 422, 571, 653; Donner 530.
Seyffertitz: Wintergewitter 299.
Sidgreaves: magnet. Karten 853.
Siemens Brothers & Co.: Blitzableiter 754.
Siemens & Halske: Blitzplatte 744; Galvanometer 888; Rußschreiber 883.
Siemens W.: elektr. Erscheinung a. d. Cheopspyramide 322.
Sivel: Ballonfahrt 203.
Skalweit: Erdmagnetismus 915.
Smeck: Erdmagnetismus 815.
Sohncke: atmosph. Elektr. 176; Gewitterelektricität 203, 199.
Soltan: Hagel 368, 374.
Sorrentino: Blitz 406.
Spallanzani: Blitz 423.
Spiedeberg: Nordlicht 926.
Spring: Elektricität der Gewitterwolke 230.
Stein: elektr. Funke 465; physiologische Wirkungen des elektr. Stromes 91.
Steinhäuser: Erdmagnetismus 789, 903.
Steinheil: Blitzableiter 625, 744.
Steinmein: Blitz 424.
Stockmann: Blitz 419.
Strehlke: Gewitter 278.
Stricker: Blitz 592, 658.
Ström: Wintergew. 298.
Studer: Wetterleucht. 415.
Stukely: Erdbeben u. Elektricität 917.
Süß: Blitzableiter 756.
Symons: Blitz 658.
Tacitus: Nordlicht 922.
Tait: Gewitterelekt. 234.
Tabernier: Kugelblitz 436.
Taylor: Hagel 372.
Teffan: Blitz 517; Donner 543.
Teffier: Hagelgeräusch 374.
Thevenot: Declination 778.
Thompson: atmosphär. Elektricität 160.
Thomson: Blitzableit. 760; Quadranten - Elektrometer 16.
Tippinge: Blitz 403.
Tiffandier: Ballonfahrt 203; Hagel 368.
Toaldo: Gewitter 362.
Tobiesen: Polarlichtverbreitung 948.
Toepler: Blitz 457; Influenzmasch. 40; Schlierenapparat 491; Seitenentladung 53.
Tralles: atmosph. Elektr. 182.
Trebra, v.: Gesteinsmagnetismus 812.
Trecul: Blitzmaterie 488; leuchtender Nebel 347; Lichtsäulen 435.
Treffan: Hagel 373.
Trevelyan: Polarlicht 949.
Triewald: Nordlicht 926.
Tromelin: Reibungshypothese 193.
Truppe: Elmsfeuer 333.
Ulbricht: Erdleitung 715; Kohleblitzableiter 748.
Ulloa: Antonio de: Südlicht 923.
Uppenborn: Blitz 593; Erdstrom, Gewitter 360.
Urbanitzky, A. R. v.: Donnerwellen 550; Geschichte 773; Kugelblitz 516, 522, 524.
Urbanitzky, A. R. v. und Reitlinger: elektrische Lichtkugel 78.
Valetta, Joh.: vulcanische Gewitter 259.
Vallemont: Erdmagnetismus 785.
Vicat: Gewitter 250.
Villarsy: Gemenge 63.
Virgil: Elmsfeuer 113; Gewitterwolken 215.
Vogel: Blitzspectra 514.
Voigt: Gewitterwirbel 257.
Voltmar: Blitzwirkung 577; Gewitterwolken 220.
Voltmer, L.: Blitzphotographien 465.
Volney: Donner 536.
Volta: atmosphär. Elektricität 151, 155, 182; Hageltheorie 377; Strohhalmelektrometer 155.
Wächter: Lichtenberg'sche Figuren 64.
Wagner: Blitzableiter-Prüfung 764.
Walker: Erdstrom 894, 900 902.
Wall: Blitz 130.
Watson: akust. Wirkung d. atmosphär. Elektricität 356; Blitzableiter 144. Elmsfeuer 147.
Weber, L.: atmosphärische Elektricität 207; Blitzableiter 731; Blitzgefahr 676; Blitzschläge 567, 585. Schutzraum 705.
Weber, W. E.: Biographisches 804.
Wegelius: Gewitter 295.
Weinmann: Kugelblitz 447.
Weißenborn: Blitz 459.
Welsh: magnetische Aufnahme 862.
Werlyschigg: Blitz 398
Wettstein: Condensationshypothese 185; Elektricität d. Gewitterwolke 233.
Weyprecht: Nordlicht 935, 947; 948; s. auch Payer.
Wheatstone: elektr. Funke 457; Partialentladung 455.
Whiston: Erdmagnetismus 789, 903.
Wilke: Inclination 791.
Wild: Erdstrom 880, 897 900, 908; magnetisches Ungewitter 872.
Willigen, van der: Funkenspectrum 512.
Wilson: Blitzableiter 144
Winkler: Blitzableiter 138 Nordlicht 924, 927.
Winter: Elektrisir-Maschine 40.
Winterbottom: Typhone 292.
Winthrop: atmosphärische Elektricität 198.
Withering: Blitzröhren 610
Wohlgemuth, v.: Polarlichtgeräusch 947; 948.
Wolf: Nordlicht 925.
Wrangell: Gewitter 295
Yelin: getheilt. Blitz 4
Zach: Gesteinsmagnetismus 812; Wetterleuchten 415.
Zacharias: Blitzableiter 758.
Zaddach: Gesteinsmagnetismus 814.
Zamboni: trockene Säule 12.
Zenger: Blitzableiterspitze 702; Elektroskop 74 symmetrische Leiter 24
Zimmermann: Gesteinsmagnetismus 812.
Zöllner: Polarlichtspectrum 945.
Zwarg: Blitzableiter 75


C
A
B

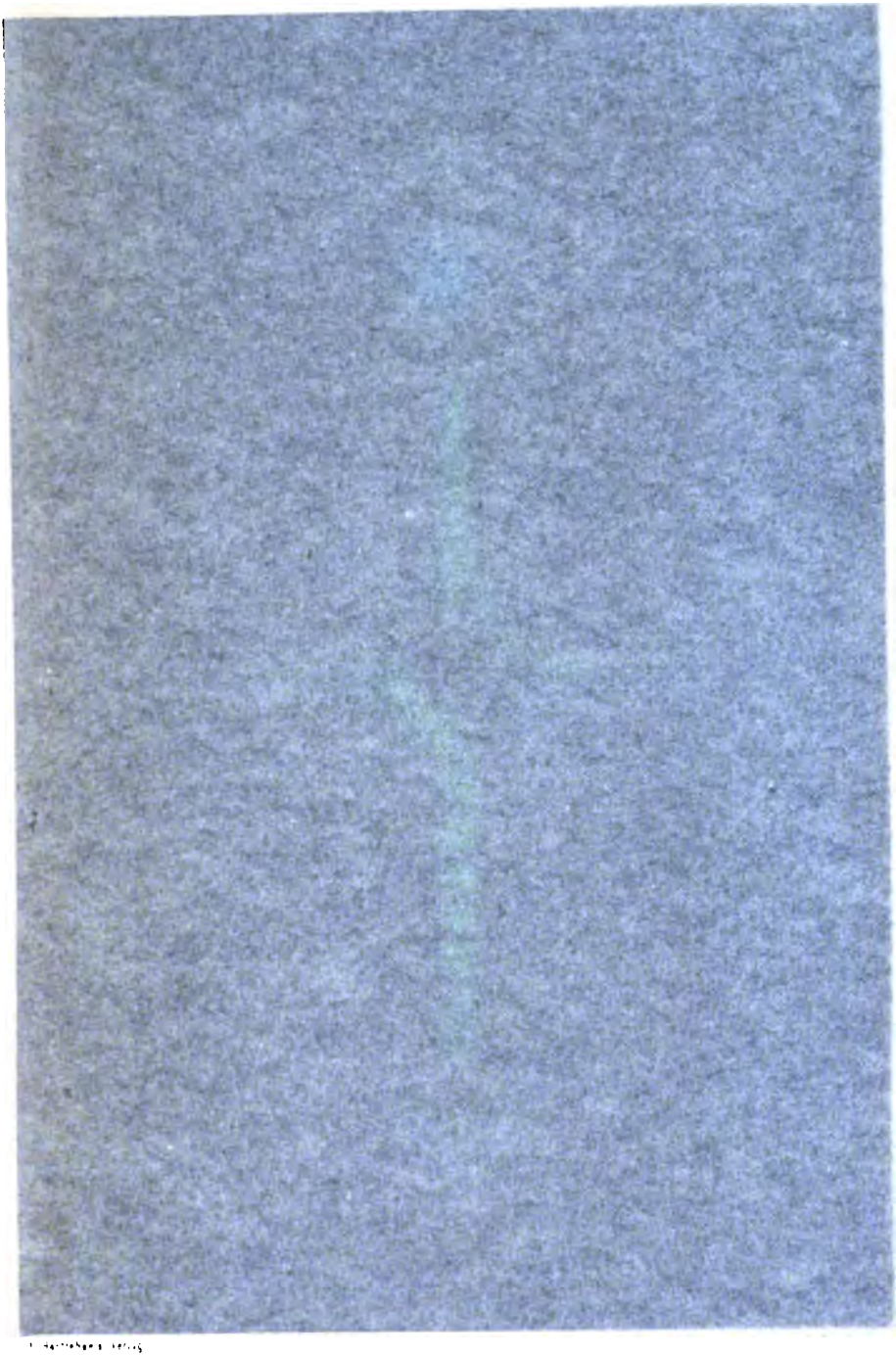




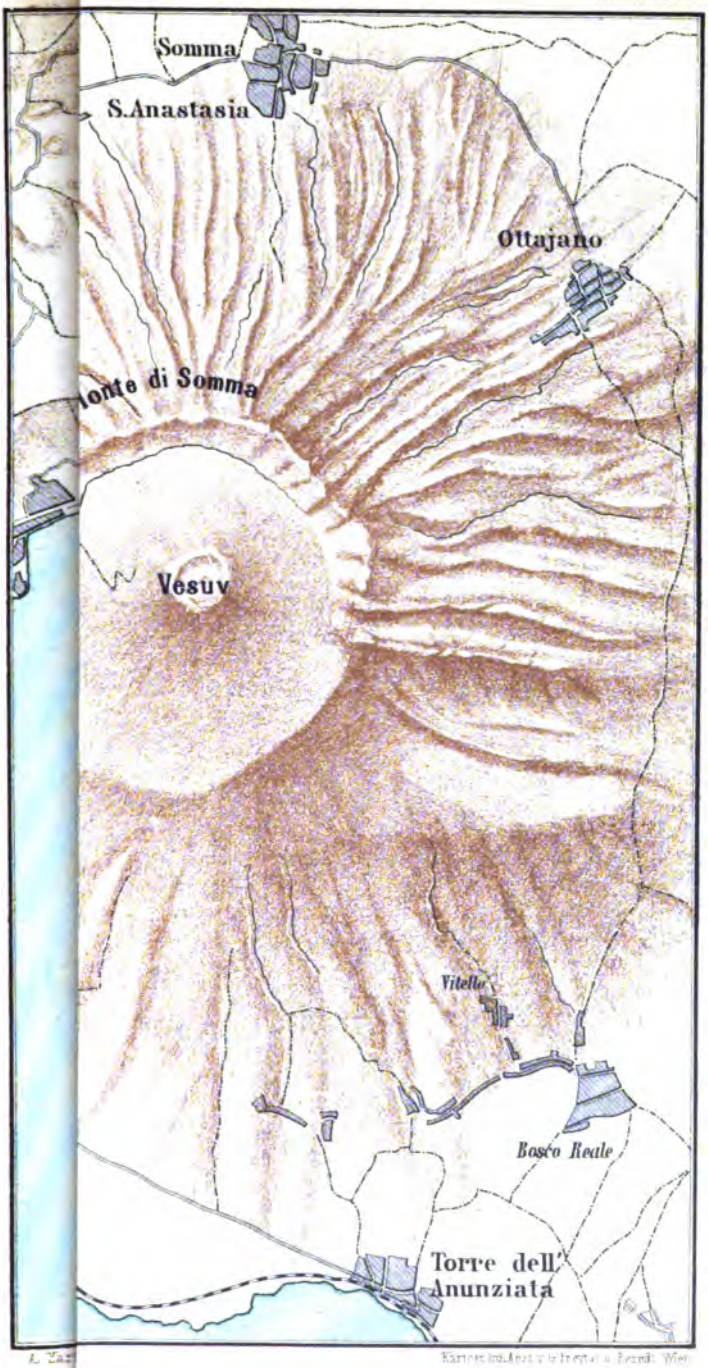

+A
+B
−
−
−

Tafel IV.

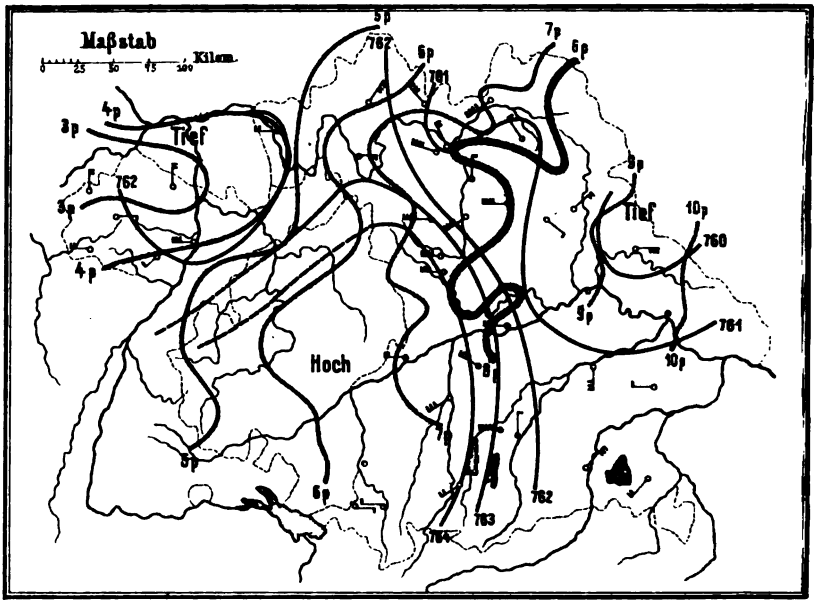
Somma
S.Anastasia
Ottajano
Monte di Somma
Vesuv
Vitello
Bosco Reale
Torre dell'
Anunziata



Tafel IV.

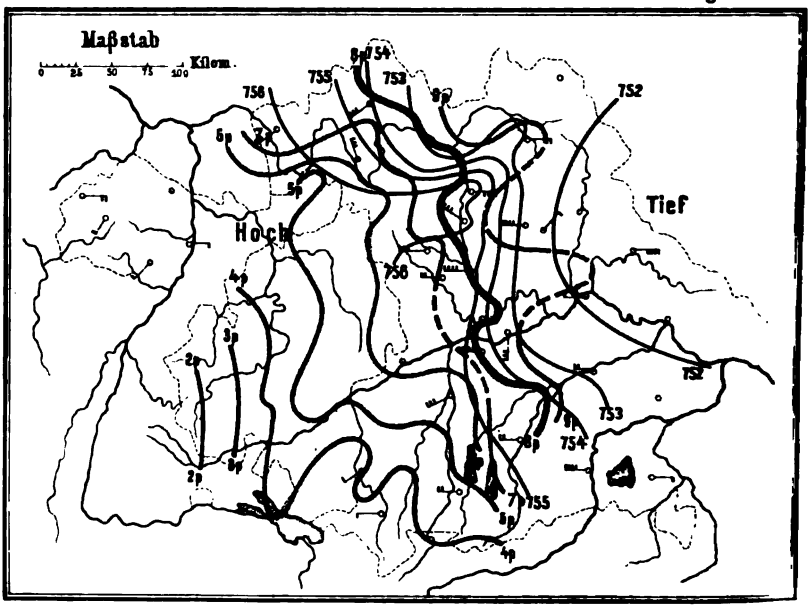

Somma
S.Anastasia
Ottajano
Monte di Somma
Vesuv
Vitelle
Bosco Reale
Torre dell'
Anunziata

Isobronten vom 30. Mai 1882, sowie Isobaren für 8ᵖ dieses Tages.



Isobaren: ——— Isobronten: ———

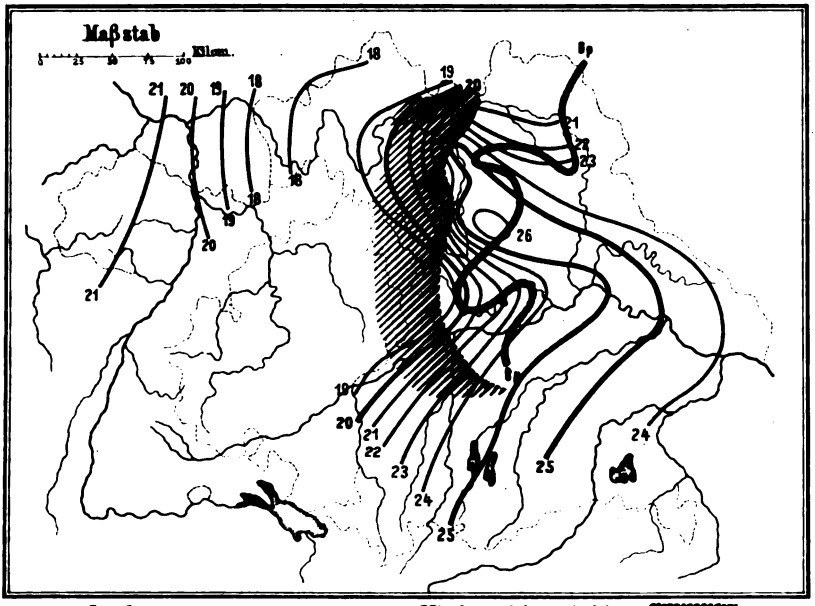
Isobronten vom 16. Juli 1882, sowie Isobaren für 8ᵖ dieses Tages.



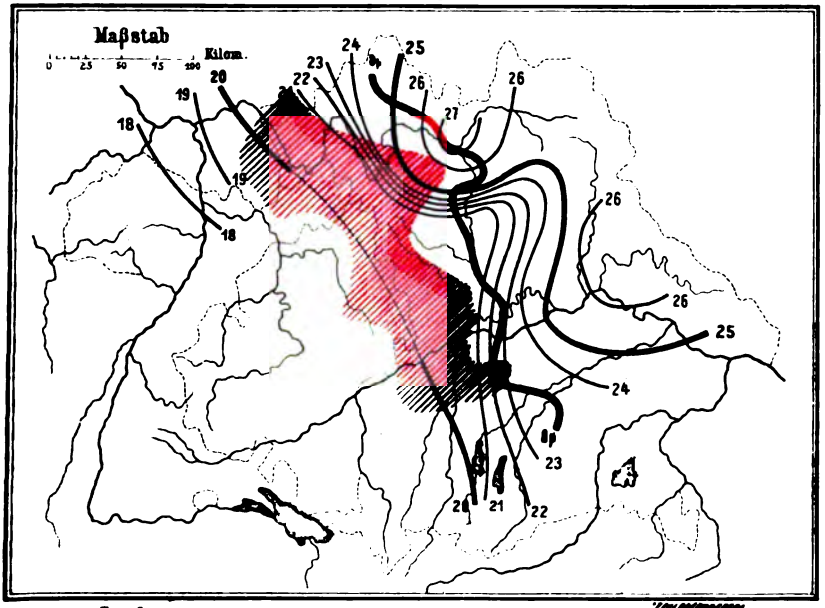
Isobaren: ——— Isobronten: ———

A. Hartleben's Verlag

Isothermen und Niederschlagsgebiet am 30. Mai 1882, Abd. 8h.



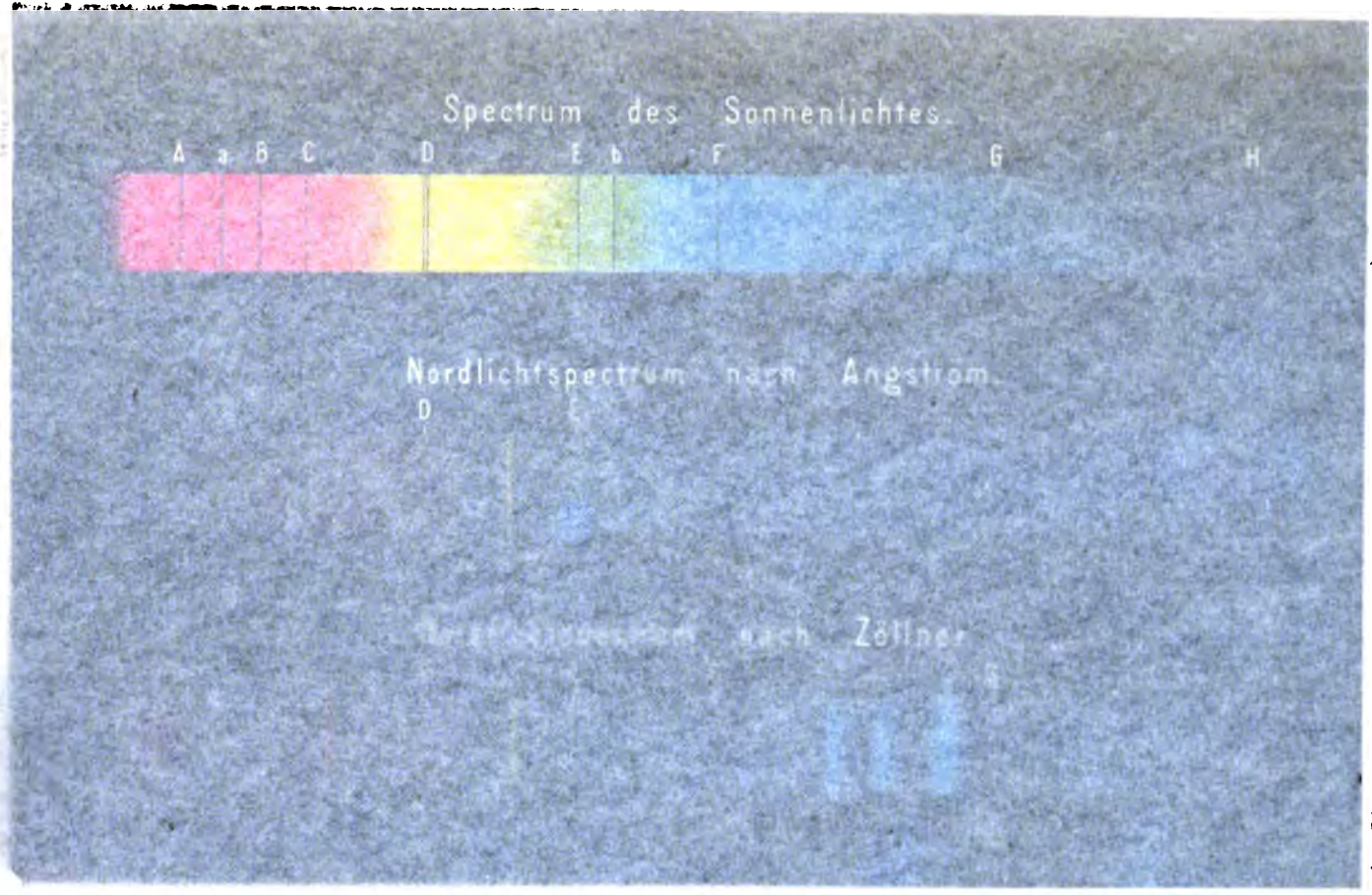
Isothermen und Niederschlagsgebiet am 16. Juli 1882, Abd. 8h.



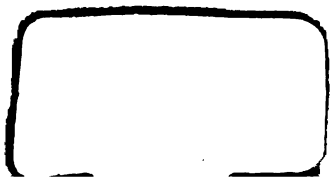
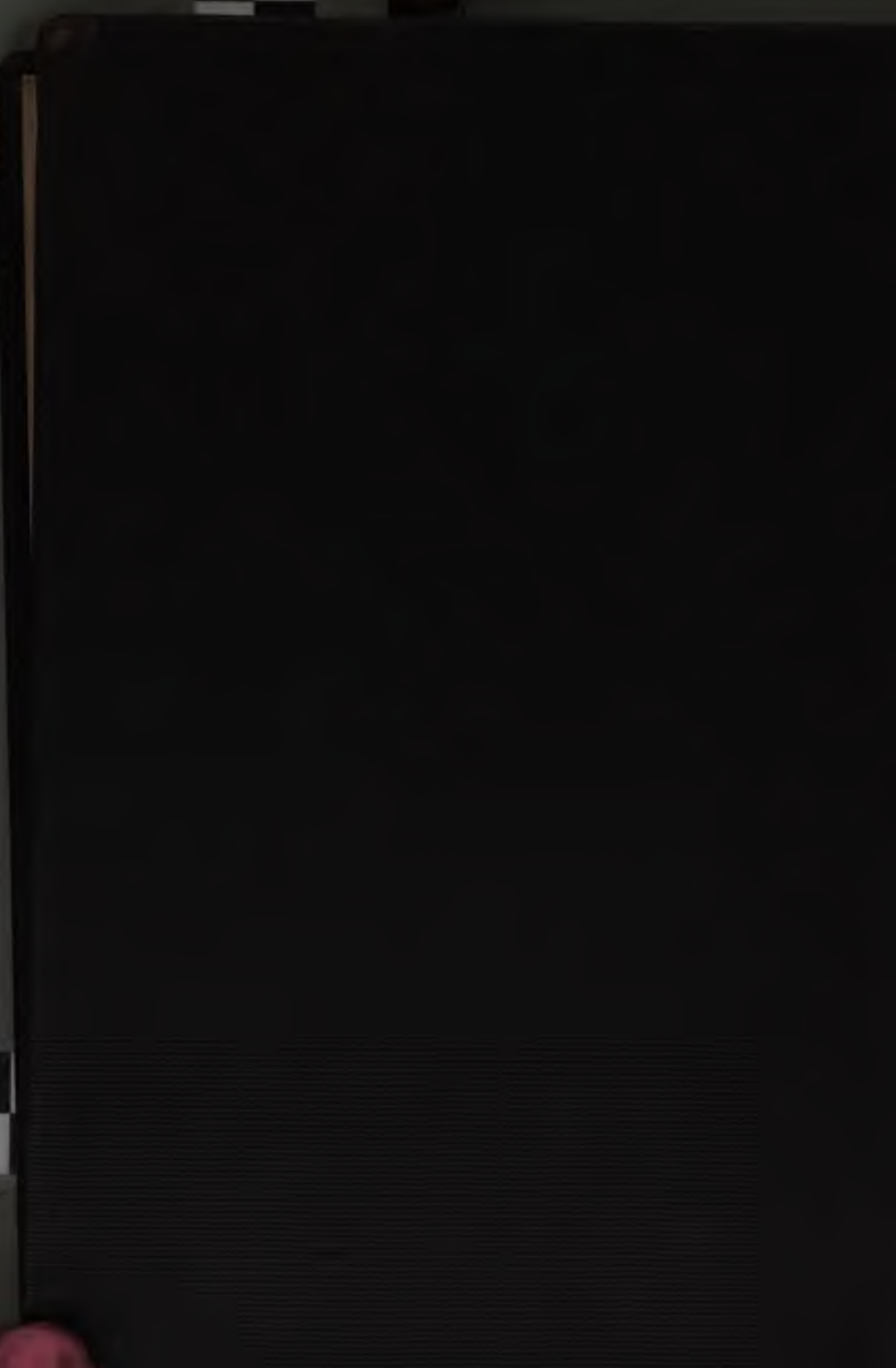
Kartogr. lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien

A. Hartleben's Verlag.

Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien


Spectrum des Sonnenlichtes.
A a B C D E b F G H
Nordlichtspectrum nach Angström.
D E
nach Zöllner

A. Hartleben's Verlag

Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien

rebr gout,